

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

**JULIANA LOCH**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO PLANEJAMENTO DE  
PROFESSORES DE FÍSICA DE ESCOLAS PÚBLICAS DO ESTADO DO PARANÁ**

**Curitiba  
2011**

**JULIANA LOCH**

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO PLANEJAMENTO DE  
PROFESSORES DE FÍSICA DE ESCOLAS PÚBLICAS DO ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Setor de Educação, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Mestre em Educação

Orientador: Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia

**CURITIBA  
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO



## PARECER

Defesa de Dissertação de **JULIANA LOCH** para obtenção do Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO. Os abaixo-assinados, DR. NILSON MARCOS DIAS GARCIA, DR. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN, DR. AWDRY FEISSER MIQUELIN e DRª IVANILDA HIGA, arguíram, nesta data, a candidata acima citada, a qual apresentou a seguinte Dissertação: **"FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO PLANEJAMENTO DE PROFESSORES DE FÍSICA DE ESCOLAS PÚBLICAS DO ESTADO DO PARANÁ"**.

Procedida a arguição, segundo o Protocolo aprovado pelo Colegiado, a Banca é de Parecer que a candidata está apta ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
DR. NILSON MARCOS DIAS GARCIA		Aprovada
DR. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN		Aprovada
DR. AWDRY FEISSER MIQUELIN		Aprovada
DRª IVANILDA HIGA		Aprovada

Curitiba, 30 de agosto de 2010.

**Prof. Dr. Ângelo Ricardo de Souza**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação

## **AGRADECIMENTOS**

Em um primeiro momento agradeço a disponibilização dos professores participantes desta investigação, que convidados a participar, sempre prontamente responderam aos chamados, disponibilizaram seus Planos de Trabalho Docente, do qual dependeu o início desta pesquisa e especialmente pela prontidão e boa vontade que concederam uma entrevista.

Agradeço aos meus pais, José Germano Loch e Marlene Loch, pessoas fundamentais em minha formação, que sempre me incentivaram e criaram possibilidades para que eu estudasse.

Ao meu namorado Everton Reus, que sempre foi muito compreensivo, e que para além disso, um grande incentivador com constantes cobranças: “Você não tem que estudar?”

O meu mais sincero agradecimento ao meu Orientador Professor Dr. Nilson Marcos Dias Garcia, que aceitou o desafio em me orientar, com muita paciência, apesar da minha falta de paciência!

Agradeço em especial a Professora Dra. Ivanilda Higa, pois em muito contribuiu para a minha formação, como também sempre me incentivou a estudar, desde os tempos da graduação.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação, em especial a Professora Dra. Tânia Braga Garcia pelas aulas ministradas, as quais contribuíram para a concretização deste trabalho. Agradeço também os professores que compuseram a banca de qualificação e de defesa.

Aos colegas e amigos de trabalho, dos quais prefiro não citar nomes para não cometer injustiças, pelas muitas conversas, desabafos e claro, pelos livros emprestados.

Aos colegas de Mestrado, pelos muitos cafés e conversas confortáveis, em especial a Denise pela paciência com que, por inúmeras vezes, escutou minhas angústias.

O meu mais sincero agradecimento a todos.

## RESUMO

Nesta pesquisa foram investigados aspectos relativos à atualização do currículo de escolas públicas do Estado do Paraná, em especial no que tange aos conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. A partir da visão e do trabalho desenvolvido em sala de aula por professores, foram também discutidos os obstáculos e as possibilidades do desenvolvimento desses conteúdos em sala de aula neste nível de ensino. Inserindo-se no conjunto de pesquisas qualitativas, este estudo privilegiou como sujeitos da investigação professores das escolas Públicas do Estado do Paraná que abordam temas atuais da Física em suas aulas. Tomando como referencial teórico a noção de cultura escolar de Forquin, o de Transposição Didática proposto por Chevallard, o das práticas sociais de referência de Astolfi e Develay, e o de mediação didática conforme Alice Lopes, foram analisados os Planos de Trabalho Docente dos professores participantes, com a intenção de identificar os tópicos de Física Moderna e/ou Contemporânea que estão sendo por eles selecionados para serem desenvolvidos em suas salas de aula. Também foi aplicado um questionário e realizado uma entrevista como instrumentos de investigação, visando conhecer e discutir, dentre outros aspectos, a maneira como estão sendo explorados os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, em que momento do Ensino Médio são desenvolvidos tais assuntos e porque eles, os professores, selecionam alguns e não outros conteúdos, procurando interpretar, enfim, como eles mobilizam os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea que ensinam. Os resultados mostraram que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea selecionados pelos professores pesquisados são coincidentes entre si, bem como com aqueles presentes em propostas de ensino e em relatos de pesquisas em Ensino de Física. Foi também possível perceber uma aproximação entre as concepções e estratégias adotadas pelos pesquisados para o ensino destes conteúdos. Além desses aspectos, evidenciou-se a necessidade da elaboração e disponibilização de recursos didáticos que pudessem ser utilizados nas salas de aula, o que deve contribuir para uma atualização curricular no Ensino Médio.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea. Ensino de Física. Sala de aula

## **ABSTRACT**

The present research studied (investigated) issues related to updating the curriculum of public schools in the State of Paraná, in particular the concepts of Modern and Contemporary Physics in high school. From the vision and work developed in the classroom by teachers, it was also discussed about obstacles and possibilities of developing such content in the classroom in this level of education. Being part of the set of qualitative research, this study focused on the teachers from Public Schools of the State of Paraná, that work and use current issues of physics in their classes. Taking as a theoretical reference Forquin's notion of school culture, the didactic transposition theory proposed by Chevallard, Astolfi and Develay's social practices and the Didactic Mediation by Alice Lopes, were analyzed the teachers' Action Work Plan in order to identify the Modern and Contemporaneous Physics topics that are being selected by teachers to be increased in classroom. It was also applied a questionnaire and conducted an interview as a research tool, in order to know and discuss, among other things, the way and the moment that Modern and Contemporary Physics contents are being used by the teachers in high school and why them, the teachers. Selecting some and not other content. Trying to interpret, how the teachers mobilize the knowledge of the Modern and Contemporary Physics that they teach. The results showed that the contents of Modern and Contemporary Physics selected by the requested teachers are coincident with each other and as well as those present in teaching proposals and reports of researches in physics teaching. It was also possible to realize a connection between the concepts and strategies adopted by the surveyed teachers for teaching of these contents. Besides these aspects, there was the need for development and provision of teaching resources that could be used in classrooms, which should contribute to an update curriculum in high school.

Key-words: Modern and Contemporary Physics. Physics Teaching. Classroom

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Formação, vínculo empregatício, tempo de atuação e dedicação a série do EM com maior número de aulas de cada professor participante da pesquisa .....	67
QUADRO 2: Conteúdos de FMC que os professores tiveram contato na sua formação .....	67
QUADRO 3: Conceitos indicados por Arons que são contemplados no PTD do Professor P3 .....	84
QUADRO 4: Conteúdos trabalhados pelo professor P1 estão grifados na coluna 1 ....	87
QUADRO 5: Conteúdos trabalhados pelo professor P2 estão grifados na coluna 1 ....	88
QUADRO 6: Trecho extraído do PTD do Professor P3 .....	89
QUADRO 7: Conteúdos trabalhados pelo professor P2 estão grifados na coluna 1 ....	90
QUADRO 8: Conteúdos de FMC abordados no material produzido pelo Professor P3	90
QUADRO 9: Conteúdos contemplados no PTD do Professor P3, porém não explorados em aula, e conteúdos citados no questionário, porém não contemplados no PTD .....	91
QUADRO 10: Trecho extraído do PTD do Professor P1, incluindo o formato da organização – tabela e componentes do PTD.....	96

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	10
<b>CAPÍTULO 1 - DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO AO CONHECIMENTO ESCOLAR.....</b>	<b>16</b>
1.1 A questão da cultura escolar .....	16
1.2 O Conhecimento Escolar e a Transposição Didática .....	18
1.3 A Física Moderna e Contemporânea como conhecimento escolar .....	22
<b>CAPÍTULO 2 - FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO .....</b>	<b>25</b>
2.1 Legislação e a atualização curricular.....	25
2.2 Física Moderna e Contemporânea nos Documentos Oficiais.....	26
2.3 O Estado do Paraná: a construção de Diretrizes Curriculares para disciplina de Física e a FMC .....	27
2.4 Física Moderna e Contemporânea na literatura de pesquisa .....	28
2.5 A opção por conteúdos de FMC na constituição da cultura escolar ...	32
<b>CAPÍTULO 3 - PROPOSTAS DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA VOLTADAS PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>36</b>
3.1 Teoria da Relatividade .....	37
3.2 Mecânica Quântica .....	43
3.3 Física de Partículas .....	47
3.4 Supercondutividade .....	48
3.5 Física das Radiações .....	48
3.6 Alguns comentários sobre a revisão de literatura.....	50
<b>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....</b>	<b>53</b>
4.1 A metodologia de pesquisa.....	53
4.2 A seleção dos professores .....	55
4.3 Instrumentos de investigação .....	56
4.3.1 O plano de trabalho docente.....	57
4.3.2 O questionário.....	57
4.3.3 As Entrevistas .....	58
4.4 Caracterização dos sujeitos .....	59
4.4.1 Os Professores falam sobre a formação e opção pela profissão..	60
4.4.2 Os professores falam sobre a disciplina que ensinam .....	64
4.4.3 Algumas considerações sobre a formação e atuação profissional dos sujeitos pesquisados .....	66
<b>CAPÍTULO 5 - OS RESULTADOS E SUAS ANÁLISES .....</b>	<b>69</b>
5.1 A cobrança pela Física Moderna e Contemporânea na sala de aula.....	70
5.2 A responsabilidade pela constituição do conhecimento escolar.....	73
5.3 As dificuldades encontradas pelos professores no trabalho com a Física Moderna e Contemporânea .....	76
5.4 A concepção do professor sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea .....	81
5.5 A Física Moderna e Contemporânea como conhecimento escolar .....	85



5.5.1 O conhecimento a ser ensinado .....	85
5.5.2 Estratégias e recursos.....	92
5.6 A relação dos estudantes com os conceitos de Física Moderna e Contemporânea .....	98
5.7 A Física Moderna e Contemporânea na formação dos estudantes .....	102
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	106
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICES .....	115
Apêndice 1 – Questionário Inicial .....	115
Apêndice 2 – Roteiro das entrevistas .....	118

## INTRODUÇÃO

Quando ainda me encontrava na graduação de Física, participei do meu primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), que aconteceu em Natal – RN, em 2001. A participação naquele encontro fez desabrochar algumas inquietações e de certa forma me envolver, mesmo como expectadora, nas pesquisas em Ensino de Física.

Na ocasião, participei de um mini curso, que apresentava encaminhamentos para o trabalho com a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio a partir de textos de divulgação científica. Posso dizer que naquele momento iniciou-se o meu trabalho de mestrado, ou pelo menos, afloraram as inquietações que conduzem este trabalho, relacionadas ao desenvolvimento de assuntos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Desde então, passei a entender a atualização curricular como uma necessidade e passei a concordar com as considerações que o Professor Luis Carlos de Menezes elabora a respeito da ciência contemporânea:

Protagonista central das revoluções industriais e das guerras, tanto quanto dos debates filosóficos e políticos, a ciência contemporânea tornou-se parte da condição humana, sobretudo através do desenvolvimento tecnológico. A sociedade contemporânea pode estar sendo alcançada pelos resultados dessa cultura científica, na divisão internacional do trabalho, nos produtos e serviços de que dispõe no seu cotidiano ou mesmo nas armas de que se utiliza em seus conflitos e agressões, sem contudo estar preparada para conduzir práticas científicas ou sequer educada para simplesmente acompanhar criticamente o desenvolvimento da ciência e da tecnologia. (2005, p. 5)

Essas questões apresentadas por Menezes em relação ao quanto a ciência moderna contribui para a formação de jovens atuantes na sociedade, especialmente para um olhar crítico para ciência, como tantas outras justificativas já levantadas e debatidas na literatura, na legislação e nos documentos oficiais dela decorrentes acerca da necessidade de uma atualização curricular, bem como a minha experiência como professora, é que deram início a este trabalho.

A opção pela docência é mais antiga, desde o momento em que fiz a opção pelo Magistério. Como professora do Ensino Médio, atuo na Rede Pública Estadual

há aproximadamente 10 anos. Quando comecei a lecionar, ainda estava na graduação, e nesse período trabalhei em escolas da periferia de Curitiba. Numa das escolas em que trabalhei, eu era a única professora de Física, e isso me dava uma certa autonomia para a organização do trabalho pedagógico, especialmente em relação à seleção e organização dos conteúdos a serem ensinados. Hoje entendo que me faltou um pouco de experiência para administrar aquela autonomia.

No entanto, e embora com poucos recursos, dedicava-me na organização das aulas. Nesse momento, de um lado estava a preocupação com os conteúdos atuais da Física, de outro, o que fazer com tantos outros conteúdos da Física Clássica?

Dentre as tentativas de abordar conteúdos diferentes dos que eram apresentados pelos livros didáticos, já que as edições naquele período não traziam conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, lembro-me de ter apresentado aos estudantes um texto que discutia as interações – força gravitacional; força eletromagnética; força nuclear fraca e força nuclear forte. A minha intenção era trabalhar as quatro interações fundamentais que mantinham tudo em seu lugar. Posso dizer hoje, que naquele momento, embora a intenção fosse boa, não foi muito significativo para os estudantes, ao considerar o contexto e a série em que o texto foi trabalhado.

A série que realizei tal trabalho era uma primeira série do Ensino Médio. Hoje, no meu entendimento, o que dificultou o desenvolvimento do trabalho foi o fato dos alunos da primeira série não terem ainda uma visão mais geral do quadro teórico da Física. Assim, uma atividade como a descrita, certamente seria mais apropriada para o final do Ensino Médio, não com a ideia que precisa de pré-requisitos, mas conforme já colocado, a necessidade de uma visão mais ampla da Física por parte dos estudantes.

Dessa forma, entendo o desenvolvimento em sala de aula de assuntos de Física Moderna e Contemporânea não mais como um apêndice dos conteúdos da Física Clássica, mas sim como conhecimentos que possam contribuir de fato para a formação de um jovem diante dos desafios da sociedade contemporânea. A esse respeito, Nardi e Machado (2006) ponderam que

a realidade escolar aponta para a necessidade de se promover a atualização curricular, trazendo para a sala de aula ideias atuais e capazes

de contribuir para a formação abrangente do estudante, permitindo-o compreender princípios básicos da Ciência e habilitando-o a participar de debates envolvendo questões científicas e tecnológicas que repercutem na Sociedade e no Ambiente. (p.474, grifo adicionado)

Além disso, apresentar a Física Moderna e Contemporânea deve possibilitar aos estudantes uma visão de ciência em construção, em constante evolução. Nesse sentido é relevante que além de trazer conteúdos atuais para a sala de aula, questões sobre a natureza da ciência sejam debatidas.

Atualmente, a minha relação com a sala de aula é diferente, pois, no momento, estou atuando como técnica pedagógica no Departamento de Educação Básica da Secretaria de Estado de Educação do Paraná, função que reputo como privilegiada, pois, dela decorrente, pude estar em contato com praticamente todo o universo de professores de Física do Estado do Paraná.

Essa trajetória como técnica pedagógica me permitiu perceber que as minhas angústias eram também presentes nas atividades e reflexões de outros professores, os quais também entendiam a necessidade de uma atualização curricular e alguns estavam tentando fazê-la em suas salas de aula.

O tema da pesquisa há muito estava definido, conforme relatei acima, mas faltava ainda definir exatamente o problema de investigação que a conduziria. Isso porque, a única certeza que eu tinha era que não me interessava propor como problema de investigação um que apresentasse um resultado de senso comum, ou seja, que os professores não trabalham em sala de aula e/ou não dominam os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Isto é, a intenção não foi buscar marcas de incompetência ou incoerência entre discurso e prática, aspecto que foi muito ressaltado em pesquisas em um determinado momento, pois, no meu entendimento, pesquisas nesse sentido não trazem contribuições significativas para o ensino.

A partir do que não queria, entendi que os sujeitos de pesquisa poderiam ser os professores que ensinam conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Mas como selecionar ou até mesmo encontrar esses profissionais?

O contato com professores de Física do Estado do Paraná, que relatei acima, se deu a partir de encontros no formato de oficinas, das quais participava como docente. Esses encontros me colocaram diante de profissionais que tornaram-se

posteriormente sujeitos desta investigação. De certa forma, esses encontros, juntamente com um estudo dos trabalhos já publicados dentro da temática Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio auxiliaram-me na construção do problema de pesquisa.

Entendi, assim, que me interessava investigar o que os professores ensinam e sabem acerca do ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e responder: **“Como os professores mobilizam os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea que ensinam?”** constituiu-se no meu problema de pesquisa.

Relacionadas a ele, outras questões foram também elaboradas:

- Quais conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, sob o olhar de professores do Ensino Médio, são relevantes para serem ensinados nesse nível de ensino?
- Quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea estão presentes nos Planos de Trabalho Docente dos professores?
- Quais de fato foram explorados por eles na sala de aula?
- Qual foi o resultado?

Nessa perspectiva, essa pesquisa procurou avançar e não ficar restrita à investigação de propostas de ensino e foi até às salas de aula, interagindo com professores que já fazem da inserção<sup>1</sup> de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio uma realidade, tornando-se assim, os principais sujeitos desta pesquisa, por serem eles os maiores responsáveis pela constituição efetiva da disciplina escolar.

Com a intenção de responder as questões aqui colocadas, como também atingir o objetivo desta investigação buscou-se fundamentação teórica nos conceitos de formação de uma cultura escolar, no sentido colocado por Forquin (1993).

---

<sup>1</sup> Ao longo do texto é utilizado o termo inserção. No entanto, é preciso deixar claro que a interpretação que a ele deve ser dada difere daquela que propõe que, inserir elementos de Física Moderna e Contemporânea corresponde a colocar esses conteúdos como apêndices na proposta de Física de Ensino Médio. Ao contrário, entende-se que os conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea devem formar junto com a Física Clássica um conjunto de conteúdos (constituintes da cultura escolar) que permitam aos estudantes do Ensino Médio uma visão geral do quadro teórico da Física, ciência de referência da disciplina.

Admitiu-se que na constituição dessa cultura escolar ocorre um processo de Transposição Didática, conforme o proposto inicialmente por Chevallard (1991), mas assumindo-se a sua ampliação com inserção dos conceitos das práticas sociais de referência de Astolfi e Develay (2008), bem como as adaptações realizadas por Lopes (1999) ao formular a ideia da mediação didática.

Os meios utilizados para chegar aos resultados envolveram o conhecimento dos Planos de Trabalho Docente (PTD) elaborados pelos professores participantes da pesquisa, a análise de um questionário por eles respondido e especialmente pela análise de seus depoimentos, concedidos em entrevista.

Enfim, a materialização desse esforço em buscar contribuir e compreender com mais profundidade as relações entre os professores e os conteúdos escolares, resultou nesta dissertação, que representa o resultado de uma construção profissional e acadêmica e está organizada em cinco capítulos, além desta introdução e das considerações finais.

O **primeiro capítulo "Do conhecimento científico ao conhecimento escolar"**, apresenta os saberes que formam a cultura escolar e também o referencial teórico da pesquisa, o qual apoia-se no conceito de transposição didática de Chevallard (1991), complementada com as contribuições de Astolfi e Develay (2008) para com essa teoria, nos conceitos de cultura escolar desenvolvidos por Forquin (1993), e no de mediação didática proposto por Alice Casimiro Lopes (1999). Essa autora afirma que o conhecimento, para se tornar acessível aos estudantes do Ensino Médio, passa por um processo de (re) produção e (re) organização, para então constituir-se em conhecimento escolar.

O **segundo, "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio"**, apresenta o contexto legal em que atuam os professores sujeitos desta pesquisa, ressaltando como a atualização curricular aparece na Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996, nos documentos dela decorrentes, bem como nas Diretrizes Curriculares Estaduais do Paraná da Educação Básica – Física. Ainda neste capítulo é apresentada uma justificativa para a inserção de Física Moderna e Contemporânea e também uma ideia da constituição da cultura escolar a partir das contribuições de Forquin (1993).

No **terceiro capítulo, “Propostas de Ensino de Física Moderna e Contemporânea voltadas para o Ensino Médio”**, tomando como ponto de início o ano de 2002, ano de publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais +, é apresentada a produção acadêmica, presente em artigos, dissertações e teses, em que o foco do trabalho tenha sido a elaboração e aplicação de uma proposta de Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, ressaltando-se que nessa revisão só foram considerados os trabalhos cujas propostas foram efetivadas, isto é, trabalhos com apresentação de resultados da aplicação da proposta em sala de aula.

O **quarto, “Metodologia e instrumentos de pesquisa”**, dedicado a aspectos metodológicos da pesquisa, apresenta e caracteriza os sujeitos da pesquisa, descreve os instrumentos escritos aplicados e estabelece os critérios para o desenvolvimento das entrevistas com os participantes, elementos fundamentais para uma necessária caracterização dos pressupostos de uma pesquisa qualitativa na qual se constituiu esta investigação.

No **quinto capítulo, “Os resultados e suas análises”**, construído tendo como base categorias de análise que caracterizam os problemas pesquisados, foram organizados e analisados os resultados obtidos, assim como foi estabelecida uma articulação entre os resultados da pesquisa e o referencial teórico que fundamenta esta investigação, a revisão de literatura, os dados obtidos junto aos professores e documentos oficiais.

E, finalmente, nas considerações finais são tecidos comentários acerca dos resultados desta pesquisa, bem como são apresentadas nossas impressões sobre os resultados, limitações e perspectivas para investigações futuras.

## CAPÍTULO 1 - DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO AO CONHECIMENTO ESCOLAR

A palavra cultura, ao longo das décadas, vem se constituindo historicamente na e pela sociedade. Segundo Williams (1969), o primeiro significado estava atrelado à ideia de “crescimento natural”, posteriormente ao “processo de desenvolvimento humano”. Já no início do século XIX significou “um estado geral de espírito”, isto é, relacionada à perfeição humana, e na sequência entendida como “um estado geral de desenvolvimento intelectual no conjunto da sociedade”. Ainda no século XIX, dá significado às Artes, e só no final deste século veio a indicar todo um sistema de vida, envolvendo hábitos e costumes de uma determinada sociedade.

É possível perceber que a palavra cultura ganha significados no contexto social. Neste trabalho, interessa-nos a cultura ligada a educação. Nesse sentido, parte-se da premissa que cultura está diretamente, até poderíamos dizer intimamente ligada a educação, e nas palavras de Forquin (1993, p.14) “a educação não é nada fora da cultura e sem ela.”

Mas qual o sentido/significado dessa palavra cultura para educação? Essa não é uma resposta fácil e rápida de ser dada, pois, como é colocado por Eagleton (2005, p. 9), nas primeiras linhas do livro “A ideia de Cultura”: a “Cultura é considerada uma das duas ou três palavras mais complexas de nossa língua [...]”. Essa polissemia nos adverte que, por precaução, deva ser feito nesse trabalho apenas uma introdução, e ainda se limitando ao considerado essencial para o desenvolvimento de nossas intenções, que se restringe ao ambiente escolar.

### 1.1 – A QUESTÃO DA CULTURA ESCOLAR

Dados os diversos sentidos assumidos pela palavra cultura, é preciso classificar os estudos a ela referente presentes no ambiente escolar. Segundo Mafra (2003), esses estudos podem ser classificados em três grandes dimensões - cultura da escola, cultura na escola e cultura escolar. A primeira, a **cultura da escola**, refere-se à marca e a identidade cultural da escola que se constitui por tradições culturais que são transmitidos nos espaços escolares; a **cultura na escola** procura analisar o retrato das diferentes manifestações culturais (entre professores e



estudantes) dentro de um mesmo estabelecimento de ensino, e, finalmente, a **cultura escolar**, cujos estudos objetivam compreender as transformações e impregnações que formam o cotidiano escolar, a partir da trajetória histórica e social das escolas.

Convém esclarecer que este estudo estará focado na terceira dimensão apontada pela autora, a cultura escolar. Forquin (1993), ao considerar que a educação é de alguém por alguém, supõe que a educação necessita também da comunicação, transmissão e aquisição de algo, sendo “esse” algo expresso por:

conhecimentos, competências, crenças, hábitos, valores, que constituem o que se chama precisamente de “conteúdo” da educação. Devido ao fato de que este conteúdo parece irreduzível ao que há de particular e de contingente na experiência subjetiva ou intersubjetiva imediata, construindo antes, a moldura, o suporte e a forma de toda experiência individual possível, devido, então, a que este conteúdo que se transmite na educação é sempre alguma coisa que nos precede, nos ultrapassa e nos institui enquanto sujeitos humanos, pode-se perfeitamente dar-lhe o nome de cultura. (FORQUIN, 1993, p. 10)

Ainda segundo esse mesmo autor, a cultura em relação à transmissão cultural da educação é “essencialmente, um patrimônio de conhecimentos e de competências, de instituições, de valores e de símbolos, constituído ao longo de gerações e característico de uma comunidade humana particular, definida de modo mais ou menos amplo e mais ou menos exclusivo.” (FORQUIN, 1993, p. 12)

Para Forquin (1993, p. 167), a cultura escolar pode ser definida como “o conjunto dos conteúdos cognitivos e simbólicos que, selecionados, organizados, “normalizados”, “rotinizados”, sob o efeito dos imperativos de didatização, constituem habitualmente o objeto de uma transmissão deliberada no contexto das escolas.”(Grifo adicionado). No entanto, ele também alerta para o fato que a ênfase dada a conservação e a transmissão da cultura

não deveria impedir-nos de prestar atenção ao fato de que toda a educação, e em particular toda educação do tipo escolar, supõem sempre na verdade uma seleção no interior da cultura e uma reelaboração dos conteúdos da cultura destinados a serem transmitidos às novas gerações. (FORQUIN, 1993, p. 14)

Nesse sentido, a cultura escolar só existe no interior de uma cultura, e é composta por uma **seleção de conteúdos**. Essa “tarefa” de seleção de conteúdos é realizada a partir de uma cultura social, o que não é uma tarefa simples, sendo

importante destacar que se trata de um conhecimento selecionado em detrimento de outros, que foram excluídos. É possível afirmar então, que o conhecimento escolar é sempre um conhecimento selecionado. “Isto significa dizer que a educação não transmite jamais a cultura, [...] ela transmite, no máximo, *algo da* cultura [...]” (FORQUIN, 1993, p.15).

A importância da seleção de conteúdos na constituição da cultura escolar, traz à tona, de acordo com Forquin, a necessidade de uma compreensão para além da seleção, pois

[...] a educação escolar não se limita a fazer uma seleção entre os saberes e os materiais culturais disponíveis num dado momento, ela deve também, para torná-los efetivamente assimiláveis às jovens gerações, entregar-se a um imenso trabalho de reorganização, de reestruturação, ou de “transposição didática”. (FORQUIN, 1993, p. 16)

A fim de tornar os saberes selecionados em saberes assimiláveis se faz necessário uma reorganização e reestruturação desses saberes, ou uma didatização, que formará configurações cognitivas específicas – os saberes e os modos de pensamento tipicamente escolares, os quais por sua vez constituirão “a cultura escolar” *sui generis* (FORQUIN, 1993, p. 17).

Por acreditar que “[...] a ciência do sábio, assim como a obra do escritor ou do artista, ou o pensamento do teórico não são diretamente comunicáveis ao aluno: é necessária a intercessão de dispositivos mediadores, [...]” (FORQUIN, 1993, p.16 – grifo adicionado), torna-se necessária a didatização do conhecimento.

## 1.2 O CONHECIMENTO ESCOLAR E A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Conforme Forquin (1993) a ideia de transposição didática foi proposta primeiramente por M. Verret em 1975, e posteriormente ampliada por Y. Chevallard e M. A. Johsua em 1985, para o contexto da Didática da Matemática. Astolfi e Develay (2008), a esse respeito assim escreveram:

Eles [Y. Chevallard e M. A. Johsua] examinaram as transformações sofridas por este conceito<sup>2</sup> entre o momento de sua introdução em 1906, por Fréchet, no “saber sábio”, e o momento de sua introdução em 1971 nos programas de geometria da sétima série, em relação com a reta. Analisaram

---

<sup>2</sup> Noção matemática de distância.

as modificações de seu estatuto teórico ao longo desses anos, à medida que ia sendo retomado pelos círculos de pensamento intermediários entre a pesquisa e o ensino. Sendo estes círculos constituintes do que Chevallard nomeou a “noosfera”, eles exercem uma influência importante sobre a evolução circular. (ASTOLFI; DEVELAY, 2008, p.47-48)

Apesar de os fundamentos da transposição didática terem sido inicialmente propostos para Matemática, atualmente estão presentes em muitos trabalhos acadêmicos, estendendo-se gradativamente a outras áreas. Segundo Chevallard (1991), o conteúdo científico acadêmico é referência, o qual é transformado em um conhecimento científico escolar, por meio de um processo de didatização.

O mesmo é feito pela escola, que encontra caminhos para facilitar a aprendizagem do conhecimento científico pelos estudantes. Para explicar esse caminho, ou melhor, as etapas pela qual o conhecimento passa desde o momento que é produzido até o momento que chega na sala de aula, Chevallard (1991) define três esferas do saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado.

O saber sábio é entendido como o saber original ou saber de referência, produzido na academia, nos centros de pesquisa, e quem produz esse conhecimento são os cientistas e os pesquisadores. Esse saber é publicado em revistas especializadas com aval de uma determinada comunidade científica.

Ao escrever um artigo para divulgar seu trabalho o cientista não descreve todo o processo de construção da sua teoria, nem os erros que foram cometidos ao longo do processo. Isto é, ao publicar seu trabalho o cientista escreve de uma maneira que o texto e sua teoria fiquem mais claros, nem sempre respeitando a ordem dos acontecimentos, desde que esta não tenha interferido na pesquisa.

Assim sendo, ainda na esfera do saber sábio, o conhecimento científico passa por um processo de alteração. Entre as explicações de alterações que ocorrem com o saber sábio antes mesmo dele chegar ao próximo estatuto (saber a ensinar) é a existência de um

[...] afastamento entre a lógica de exposição dos resultados e as modalidades da descoberta, do qual participam os cientistas já na ocasião das comunicações a seus colegas. É o que se pode chamar de “efeito de reformulação”. (ASTOLFI; DEVELAY, 2008, p.50-51)

O que é definido por Astolfi e Develay (2008) como “efeito de reformulação” é chamado de “transposição científica” por Pinho-Alves (2000), uma vez que a forma como o conhecimento é publicado não caracteriza o processo exato pelo qual ele foi

construído, cheio de idas e vindas, erros e acertos. Isto é, “há um processo de reelaboração racional que elimina elementos emotivos e processuais, valorizando o encadeamento lógico e a neutralidade de sentimentos”. (PINHO-ALVES, 2000, p.224).

O saber a ensinar é um saber que já passou por uma transposição – do saber sábio a saber a ensinar – e está presente nos manuais e livros didáticos, bem como nos programas de ensino. O saber a ensinar tem um grupo de referência bem característico, como os autores do livro didático, professores e especialistas da disciplina.

De acordo com Forquin (1993), o papel de deixar os saberes compreensíveis aos estudantes é dos materiais didáticos.

Tal é o papel, por exemplo, dos manuais e de todos os materiais didáticos, mas também o dos exercícios escolares, das lições, dos deveres, dos controles periódicos, dos sistemas de recompensas e sanções propriamente escolares. (FORQUIN, 1993, p. 17)

Nessa esfera do saber a ensinar, o conhecimento científico é transformado em algo muito mais próximo do que se ensina na escola, e isso é feito basicamente por autores de livro didático.

Pinho-Alves, Pinheiro e Pietrocola (2005) afirmam

aquele *saber sábio*, que se compunha da soma das partes dos saberes produzidos por diferentes intelectuais ao longo de anos, torna-se agora atemporal, como se fosse resultado de uma evolução natural. É abstraída toda e qualquer vinculação com o ambiente no qual ele se originou, passando a reconstituir-se em um novo quadro epistemológico. (2005, p. 82)

O saber a ensinar, entretanto, tem uma epistemologia que é própria da escola, diferente daquela do saber sábio, sem considerar os retrocessos da ciência, o que é caracterizado pelos autores acima como uma evolução natural do conhecimento. Esse novo saber, tem referência no saber sábio, mas possui características próprias. Segundo Pinho-Alves (2000, p. 228),

Por maior que tenha sido a reelaboração e reorganização no processo gerador do saber a ensinar, permanecem alguns aspectos semelhantes com o saber sábio. Saber sábio e saber a ensinar buscam manter um diálogo com a realidade.

Por outro lado, é preciso esclarecer que esse processo de transposição do saber sábio em saber a ensinar não pode ser vulgarizado, não se constitui apenas numa forma de deixar o conhecimento mais simples, pois este se constitui num processo elaborado de transformação e de reconstrução do saber.

Por sua vez o saber ensinado constitui a última esfera do saber, composta especialmente por professores e alunos. Na escola

Ao iniciar o período letivo, ao professor é solicitada uma programação que informe a distribuição do conteúdo (saber a ensinar) que será trabalhado ao longo dos bimestres. Tal programação é feita tomando como referência o número de aulas anuais que lhe são reservadas. Este número de aulas reservadas ao trabalho didático, denomina-se de “tempo didático ou legal”. (PINHO-ALVES, 2000, p, 232)

Esse conteúdo selecionado e organizado pelo professor, por sua vez, passa por mais uma transposição didática. Isso porque esse conteúdo (o saber a ensinar), não chega à sala de aula da maneira como está no livro didático, mas sim, passa por mais uma transposição didática, desta vez feita pelo professor ao ministrar uma aula. Na sala de aula

O gerenciamento do tempo didático é de total responsabilidade do professor, cabendo a ele cumprir o planejamento, o que implica em transformar o “tempo lógico” em “tempo didático”, recontextualizando o “tempo real”. A exiguidade do tempo didático restringe o processo da Transposição Didática interna, principalmente no que se refere ao resgate histórico de um determinado saber. (PINHO-ALVES, 2000, p, 232)

Na sala de aula o professor tem a tarefa de administrar o tempo real e o tempo didático, isto é, todo conhecimento que foi desenvolvido durante séculos precisa agora ser desenvolvido em pouco tempo. Assim, é possível perceber a importância da transposição do conhecimento, ao passar do saber a ensinar ao saber ensinado, encaixando o conhecimento no espaço escolar.

Entre o saber sábio e o saber a ensinar, ou seja, entre o que se produz nos centros de pesquisa e que é selecionado para ser ensinado na escola, encontra-se a noosfera.

A noosfera é composta, em geral, por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros. Cada um destes contribuindo com seus valores, preferências, ideias e objetivos específicos no delineamento dos saberes que chegarão à sala de aula. Cada esfera dos saberes possui seus sub-grupos de atores da noosfera, podendo haver ou não uma sobreposição entre grupos de esferas diferentes. (BROCKINGTON, PIETROCOLA, 2005, p. 393)

A noosfera atua na seleção dos conteúdos para serem transformados em saber ensinado, como também na própria transposição.

### 1.3 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO CONHECIMENTO ESCOLAR

O conhecimento produzido pelos cientistas, validado por uma comunidade científica e publicado em uma revista científica passa por um processo de adaptação e intercessão até constituir-se em conhecimento escolar.

Essa ponderação é relevante pois, embora em muitas situações, mesmo tendo conhecimento de que o que se ensina na sala de aula não é o mesmo que o cientista está desenvolvendo em seu laboratório, pode-se não se admitir que houve uma alteração no conhecimento científico até chegar à sala de aula.

Por outro lado, ao admitir que a ciência ensinada na escola se apóia na ciência a que se refere, mas que não é própria ciência, pois essa passou por um processo de didatização para se transformar em conhecimento escolar, é preciso admitir que o que se ensina na sala de aula não é o mesmo que está sendo produzido nos centros de pesquisa. Ao afirmar isso, a transposição didática tem recebido muitas críticas. O que talvez se deva ao fato de que

Em uma sociedade tradicionalmente marcada pela valorização da esfera de produção dos saberes, seria compreensível o fato de o saber ensinado ser igualmente valorizado pela sua proximidade com os saberes produzidos naquela esfera, aos quais o autor se refere como “saber sábio”. Essa “ficção de identidade” - do saber ensinado com o saber sábio, também referida como “ficção de conformidade” - é abalada pela teoria da transposição didática, comprometendo a própria identidade dos sujeitos do sistema didático, o que explicaria a atitude de resistência identificada por Chevallard (LEITE, 2007, p. 49)

Para com sua teoria da transposição didática. Isso porque há uma crença que o ensino precisa ter autoridade por meio da confirmação da ciência, daquilo que é entendido como científico. E Chevallard (1991) afirma que o conhecimento escolar tem uma epistemologia própria, adequada ao espaço escolar.

Além disso, outras críticas estão voltadas para a maneira como Chevallard se refere ao papel do professor, entendido muitas vezes como passivo no processo.

De fato, Chevallard não atribui a esse sujeito [professor] do sistema de ensino exclusividade, ou sequer prioridade, na sua análise. Contudo minha

leitura não confirmou o entendimento que esse autor concebe um professor meramente reprodutor de saberes produzidos em outras esferas da sociedade. (LEITE, 2007, p. 59)

Entendendo o professor e a escola não como meros reprodutores de saberes é que faz sentido o problema dessa pesquisa, pois procuramos investigar como os professores, atores de sua ação pedagógica, mobilizam os conhecimentos de Física Moderna e contemporânea que ensinam, entendendo aqui mobilizar como um conjunto de ações - seleção e organização dos conteúdos; a busca por exemplos para facilitar a aprendizagem por parte dos estudantes; consultas em materiais publicados sobre as temáticas –. Enfim, as formas que os professores buscam para trabalhar com a Física Moderna e Contemporânea na sala de aula.

Essas questões são relevantes porque se tem constatado que são poucas as publicações de material organizado e didatizado de FMC, sendo nulo, inclusive, para algumas áreas essa produção, conforme ficou evidenciado nas pesquisas desenvolvidas nesta dissertação. E ainda ao considerar a superficialidade e fragilidade com que alguns livros didáticos vem apresentando tópicos de FMC (OSTERMANN; RICCI, 2002; 2004), o professor que ensina FMC em suas aulas conta com materiais que nem sempre passaram por processo de didatização.

Ao selecionar conteúdos de FMC para ensinar, o professor precisa deixá-lo acessível a seus estudantes, além de precisar criar exercícios e forma de avaliação para esses conteúdos, fazendo o que Chevallard denomina de transposição didática interna.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de duas das regras da transposição didática para o ensino da FMC – tornar um saber mais compreensível e transformá-lo em exercícios. Pois diferentemente dos conceitos já tradicionalmente previstos para serem ensinados nas escolas, tais como a cinemática, a termometria, ou a Lei de Coulomb, não se encontram, por exemplo, listas de exercícios para conceitos da Mecânica Quântica ou de Relatividade.

Esse fato é, de acordo com Brockington e Pietrocola, um dentre os que dificultam a renovação curricular.

A renovação curricular é muito menor justamente pela maior dificuldade em se produzir atividades e sequências que dêem certo. Para trocarmos um saber, como a Cinemática, é necessário colocarmos algo equivalente em operacionalidade em seu lugar. Assim, procura-se substitutos dentro do próprio Sistema Didático, recorrendo ainda a conhecimentos “velhos”,

deixando de fora os conteúdos atuais. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p.10)

Um exemplo da transposição didática para a Física Moderna é citado por Astolfi e Develay. Nesse exemplo J-L. Martinand analisa como o efeito fotoelétrico (saber sábio) aparece nos manuais franceses (saber a ensinar)

[...] J-L. Martinand nota que a maior parte dos manuais franceses de física expõem o efeito fotoelétrico dando, primeiramente, as leis experimentais. Mostram, em seguida, que essas leis são bem explicadas pela teoria do fóton de Einstein. Ora, a teoria de Einstein data de 1905 e era apresentada como “um ponto de vista heurístico”, ao passo que as experiências haviam sido feitas com muitas dificuldades técnicas por Millikan em 1916. (ASTOLFI; DEVELAY, 2008, p. 50)

O exemplo acima deixa claro o que é colocado por Astolfi e Develay (2008), para quem a transposição de conhecimentos científicos em conhecimento escolar tira o conhecimento do contexto de produção.

Em outras palavras, este exemplo mostra que a designação de um elemento do saber sábio como objeto do ensino modifica-lhe muito fortemente a natureza, na medida em que encontram deslocadas as questões que ele permite resolver, bem como a rede relacional que mantém com os outros conceitos. Existe assim, uma “epistemologia escolar” que pode ser distinguida da epistemologia em vigor nos saberes de referência. (ASTOLFI; DEVELAY 2008, p. 48)

Tendo em conta as questões até agora apresentadas e o objeto de estudo deste trabalho, e considerando as características próprias do conhecimento escolar, no próximo capítulo serão abordados alguns aspectos relativos à Física Moderna e Contemporânea no contexto do Ensino Médio.



## **CAPÍTULO 2– FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO**

A atualização curricular no Ensino de Física, por meio da abordagem de conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) é um tema que vem sendo discutido nas pesquisas em Ensino de Física há muito tempo, discussão essa que, com a publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) 9.394/96, passou a ser amparada por uma fundamentação legal e recebeu muitas contribuições.

### **2.1 LEGISLAÇÃO E A ATUALIZAÇÃO CURRICULAR**

[...] se é verdade que a escola tem papel fundamental na constituição da sociedade, então essa escola terá que deixar de ser mero cenário burocrático na vida dos alunos e passar a ser um ambiente de formação para a autonomia, para se buscar saídas, e não para formatá-los de acordo com o mercado. (RICARDO, 2004, p.171)

Reflexões como as que marcam a essência da epígrafe levaram os responsáveis pela definição dos caminhos da educação nacional, na década de 1990, a um processo de reorganização do Ensino Médio consubstanciada pela publicação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394/96, de 1996 e de outros documentos dela decorrentes, tais como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), os PCNEM+ Ensino Médio: orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais e finalmente as Orientações Curriculares para o Ensino Médio.

Considerada documento fundamental para a organização da educação brasileira, por tratar no disposto na LDB, as DCNEM, de acordo com Ricardo (2004, p. 175), “traduzem os pressupostos fundamentais da LDB/96, que estava em linguagem técnico legislativa para linguagem técnico-educacional” tornando-se um documento de leitura obrigatória.

Já os PCNEM, os PCNEM+, bem como as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, ainda de acordo com esse autor, “servem de subsídios para os professores e escolas repensarem o ensino médio na perspectiva do que propõem a

LDB e as DCNEM, não sendo, portanto, obrigatórios” (p. 174-175), razão pela qual um detalhamento desses documentos pode contribuir para o melhor entendimento dessa questão sob essa ótica.

## 2.2 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS

A LDB, no seu artigo 35, item III, menciona como finalidade do Ensino Médio “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.” e no artigo 36, item I, referente aos conteúdos, especifica que eles devem contemplar o “I – domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna.”

Os PCNEM de Ciências da Natureza e suas tecnologias, por sua vez, apontam que “Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação maior que o da produção científica.” (PCNEM, 2009), podendo se depreender que não é possível um currículo estagnado, já que as ciências estão em constante evolução.

Os PCNEM+, por sua vez, ressaltam a importância que assumem os PCNEM na reorganização dos conhecimentos de Física na escola média:

A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNEM. Trata-se de construir uma visão de Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter qualquer contato escolar com conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. (PCNEM +, 2002, p. 59)

Diante disso, fica evidente a necessidade de uma atualização curricular na Física no Ensino Médio (EM), não somente por força de lei, mas principalmente por entender como importante para a formação do jovem os conhecimentos atuais, constituintes do que tem sido denominado Física Moderna e Contemporânea (FMC), como por exemplo Supercondutividade, Mecânica Quântica e Radiações, que contemplam temas atuais da Física.

### 2.3 O ESTADO DO PARANÁ: A CONSTRUÇÃO DE DIRETRIZES CURRICULARES PARA DISCIPLINA DE FÍSICA E A FMC

O Estado do Paraná, por meio da Secretaria Estadual de Educação do Paraná, construiu suas próprias diretrizes para a educação estadual pública, as Diretrizes Curriculares da Educação Básica (DCE), elaborada para cada uma das disciplinas que compõe o currículo desse nível de ensino. Porém aqui, interessa em especial, as DCE escritas para a Física.

As DCE-Física apontam como objeto de estudo para a Física: o universo – sua evolução, suas transformações e as interações que nele ocorrem. Esse objeto deve ser estudado e compreendido a partir de conteúdos estruturantes, que segundo as DCE são

os conhecimentos e as teorias que hoje compõe os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar. Esses conteúdos fundamentam a abordagem pedagógica dos conteúdos escolares, de modo que o estudante compreenda o objeto de estudo e o papel dessa disciplina no Ensino Médio. (PARANA/SEED, 2008, p. 57)

E que constituem três grandes sínteses da Física:

A mecânica de Newton e a gravitação, elaboradas por Newton na obra: *Philosophiae naturalis principia mathematica*. A termodinâmica, elaborada por autores como Mayer, Carnot, Joule, Clausius, Kelvin, Helmholtz e outros. O eletromagnetismo, síntese elaborada por Maxwell a partir de trabalhos de homens como Ampère e Faraday. (PARANA/SEED, 2008, p. 50)

Permitindo inferir, que nesse documento, os conteúdos estruturantes se circunscrevem apenas à Física Clássica, pois os estruturantes referem-se a um quadro teórico que no século XIX já estava completo. No entanto, na sequência, o texto levanta questões que mostravam a incompletude desse quadro ainda no mesmo período.

Esse quadro, contudo, apresentou alguns problemas de abrangência, especialmente certos aspectos do Eletromagnetismo, que não se harmonizavam com a mecânica newtoniana. Um exemplo é a radiação emitida por estrelas e corpos aquecidos, fenômeno não compreendido pela Termodinâmica nem pelo Eletromagnetismo. Outras questões, que permaneceram em aberto (e algumas ainda permanecem), nos mostram quão longe se estava da compreensão do Universo. Entre elas:

Qual a origem da matéria? Que forças agem sobre os componentes da matéria? Como explicar as propriedades térmicas e químicas da matéria? Qual a natureza da força de gravitação? (PARANA/SEED, 2008, p. 53)

abrindo, assim um espaço para a Física Moderna e Contemporânea nas DCE – Física, o que fica evidenciado no próprio texto:

Para uma abordagem em Física Moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico e a compreensão que a descoberta dos quanta de luz deu início à mecânica quântica e à imutabilidade da velocidade luz, como um dos princípios da relatividade. (PARANÁ/SEED, 2008, p. 61)

Em relação às possíveis contribuições que conhecimentos de FMC podem trazer para a formação dos estudantes, as DCE-Física indicam que

Tais abordagens, no ensino de física, contribuem para a compreensão dessa ciência como algo em construção, cujo conhecimento atual é a cultura científica e tecnológica deste tempo em suas relações com as outras produções humanas. Ao abordar o conhecimento científico em seus aspectos qualitativos e conceituais, filosóficos e históricos, econômicos e sociais, o ensino de física contribuirá para a formação de estudantes críticos. (PARANÁ/SEED, 2008, p. 62)

Assim como os documentos oficiais (LDB 9.394/96 e demais documentos), as DCE-Física também apontam para a necessidade de abordar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, e assim apresentar aos estudantes a Física como um quadro teórico unitário, em que as grandes questões que envolveram o surgimento de teorias como a Relatividade e a Mecânica Quântica, estejam presentes.

## 2.4 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA LITERATURA DE PESQUISA

A necessidade de uma atualização curricular da Física no Ensino Médio já é consenso entre muitos pesquisadores, e muitas são as justificativas para que a FMC faça parte das aulas de Física do EM. Ostermann e Moreira (2000), em um estudo de revisão de literatura de trabalhos publicados até 2000, destacam algumas delas:

- despertar a curiosidade do estudante ao mostrar que a Física é uma construção humana;
- a possibilidade de o estudante conectar-se ao seu tempo, pois a ele só é apresentada a Física até 1900, quando muito;

- ensinar novos conteúdos revela-se como um instrumento entusiasmador para o professor com sua aula, o que pode refletir em uma aprendizagem significativa para o estudante;
- atrair estudantes para carreira científica;
- apresentar ao estudante a beleza das teorias científicas, pois estas são partes inseparáveis da cultura.

Em trabalho mais recente e com o mesmo objetivo, D'Agostin, Garcia e Leite (2007), a partir do trabalho de Ostermann e Moreira (2000) e utilizando as mesmas classificações por eles utilizadas, fizeram um levantamento dos artigos que tratam da questão da presença de conceitos de FMC no EM, publicados após o ano de 2000, confirmando alguns aspectos anteriormente identificados e chegando à conclusão que “inúmeras são as propostas de inserção dos conteúdos de FMC, mas que pouco delas chega ao Ensino Médio e que na graduação isso não é muito diferente.” (D'AGOSTIN; GARCIA; LEITE, 2007, p.1).

Além disso, também constataram, nos artigos que descrevem experiências aplicadas em sala de aula, evidências de que, contrariamente ao senso comum, que estudantes do Ensino Médio estão preparados para interagir com conhecimentos de Física Moderna. Concluem, entretanto, que “é necessário antes disso dar subsídios para os professores para que eles possam trabalhar de forma significativa esses conceitos.” (D'AGOSTIN; GARCIA; LEITE, 2007, p.1).

Ainda Ostermann e Moreira (2000) apontam que em alguns países essa fase de justificativas para inserção de tópicos atuais já foi superada, e alguns tópicos de FMC já aparecem nos currículos. Ou seja, essa preocupação de atualização curricular não é apenas no Brasil e justificativas para tal atualização são encontradas na literatura nacional e internacional, permitindo “lançar uma hipótese: há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física no Ensino Médio.” (OSTERMANN, MOREIRA, 2001, p. 135).

Dentro dessa mesma temática, Lobato e Greca (2005) fazem um estudo em diferentes países. Nesse estudo, analisam a inserção de FMC nos currículos, em especial a Teoria Quântica. A título de exemplo: a Espanha tem um ensino construtivista e o currículo de Física traz uma abordagem com o foco na Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Nesse currículo aparecem alguns tópicos de FMC, dentre eles a Teoria Quântica e algumas aplicações da FMC. Esses conteúdos

ocupam um terço de um ano letivo, e são distribuídos e estudados de acordo com a evolução histórica. Além da Espanha, esses autores analisam os currículos dos seguintes países: Portugal, França, Reino Unido (Inglaterra e País de Gales), Dinamarca, Suécia, Canadá e Austrália.

No Brasil, essa discussão, por refletir uma preocupação com as condições de formação da juventude brasileira, tem estado presente nas investigações dos pesquisadores do campo de pesquisa em Ensino de Física muito antes da publicação da LDB/96.

Zanetic<sup>3</sup>, em 1989, citado por Karam (2005, p.18), orienta:

Ofereça aos alunos uma visão da física que aproxime a “física escolar” dos mais recentes avanços construídos pelos físicos contemporâneos. Isto significa que o conteúdo da Física a ser trabalhado no segundo grau não pode ficar restrito apenas à física conhecida até fins do século XIX, sob pena de dar uma impressão totalmente falsa e incompleta da perspectiva de mundo oferecida atualmente. Isto porque no final do século passado e início deste a física conheceu um desenvolvimento de tal monta que toda a concepção de mundo que se tinha teve de ser repensada [...] Muitos fenômenos só têm uma explicação razoável quando apelamos para essas duas teorias do século XX, totalmente ausentes nas aulas do segundo grau.

Nesse mesmo sentido, manifestando uma preocupação com um Ensino de Física que contribua de fato para formação de um cidadão atuante na sociedade, Terrazzan, em 1992, aponta:

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. (TERRAZZAN, 1992, p. 210)

Assim, uma das razões desse movimento de atualização curricular é a interpretação e ampliação da visão de mundo que os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea possibilitam aos estudantes, como por exemplo, a nova visão da Física para conceitos já aparentemente estabelecidos, presentes na Mecânica Newtoniana e revistos pela Teoria da Relatividade.

Rodrigues<sup>4</sup> (2001), citado por Karam (2005), aponta alguns objetivos para ensinar, por exemplo, Relatividade:

<sup>3</sup> ZANETIC, J. Física também é cultura. Tese de Doutorado, 1989.

<sup>4</sup> RODRIGUES, C. D. O. Inserção da Teoria da Relatividade no Ensino Médio: uma nova proposta. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2001.

a mudança de padrão de raciocínio e interpretação da realidade aliada à abstração e sofisticação do pensamento, graças à concepção de tempo como uma quarta dimensão. (RODRIGUES, 2001, p. 22. In: KARAM, 2005, p. 24)

possibilidade de essa teoria servir de porta de entrada para outros tópicos da Física Moderna e Contemporânea. (RODRIGUES, 2001, p. 22. In: KARAM, 2005, p. 24)

a necessidade de abordagem de um tema tão presente na sociedade através da divulgação científica. (RODRIGUES, 2001, p.22. In: KARAM, 2005, p. 24)

A outra razão seria o fato de que conteúdos atuais, principalmente os de Física Contemporânea, possibilitam aos estudantes uma leitura da sociedade contemporânea, como por exemplo, o desenvolvimento tecnológico que a Física permitiu e permite.

A história, a filosofia e a epistemologia da ciência, são em muitas pesquisas julgadas como necessárias ao ensino de FMC no EM (TERRAZZAN, 1994; KÖHNLEIN, 2003; KARAM, 2005). Estas pesquisas alegam que ao considerar a história da ciência é possível mostrar uma Física dinâmica, cheia de avanços, mas também de retrocessos. Isto é, uma ciência em construção, que não está pronta e acabada, mas que é provisória e não neutra como muito bem coloca Ostermann (2000)

Estudar problemas conceituais existentes na Física Moderna e Contemporânea envolve os estudantes nos desafios filosóficos de alguns aspectos da Física. O fato de que nem tudo, no mundo científico, é sabido ou entendido, modifica a ideia que os estudantes em geral têm de Física – um assunto que é uma “massa” de conhecimentos e fatos, um livro fechado. Ou são mostrados aos alunos os desafios a serem enfrentados pela Física no futuro, ou eles não serão encorajados a seguirem carreiras científicas. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 126)

Enfim, entende-se que

[...] conteúdos de física moderna e contemporânea correspondem a uma necessidade vital de nossos currículos de física escolar. A própria importância dos temas de física moderna e contemporânea na constituição da física, enquanto área do conhecimento científico, exige sua inclusão nos currículos escolares. Complementa esta exigência o fato de que não se pode discutir o papel da ciência física na sociedade atual sem o mínimo de entendimento dos temas relativos à produção científica na atualidade. (TERRAZZAN, 1994, p. 34; 35)

Isto é, os estudantes não terão uma visão da completude do quadro teórico da Física sem os conteúdos, as questões filosóficas e epistemológicas que permearam a ciência no século XX e início deste século. Além disso, os conteúdos ensinados na escola não podem deixar os estudantes à margem da sociedade científica-tecnológica atual, pois os estudantes estão inseridos nessa sociedade e nela precisam participar ativamente.

## 2.5 A OPÇÃO POR CONTEÚDOS DE FMC NA CONSTITUIÇÃO DA CULTURA ESCOLAR

Considerando as questões expostas no capítulo anterior, a seleção de conteúdos deve nos levar, sem dúvida alguma, a refletir sobre quais conteúdos constituirão o que chamaremos de conhecimentos escolares, constituintes da cultura escolar, em especial aqui, aqueles pertencentes a FMC.

No entanto, mesmo para os conhecimentos pertencentes a FMC é preciso fazer uma seleção de quais conhecimentos constituirão a cultura escolar, não tendo como única justificativa a atualização curricular, mas sim tendo o cuidado de quais conhecimentos trarão maiores benefícios à formação dos estudantes, além da clareza do momento em que serão contemplados no planejamento.

Sendo assim, Terrazzan (1994) em sua Tese de Doutorado, intitulada “Perspectivas para a inserção da Física Moderna na Escola Média”, indica alguns tópicos de FMC que poderiam ser contemplados no Ensino Médio, bem como alguns aspectos a serem considerados na inserção desses conteúdos. No entanto, ao fazer essas incursões, esse autor postula a importância da autonomia e participação do professor na confecção de propostas metodológicas, pois acredita que “o detalhamento, o refinamento da escolha metodológica passa sobremaneira pelo estilo e pela predileção do 'indivíduo professor'” (TERRAZZAN, 1994, p. 82).

A participação do professor é assim em especial entendida pelo fato que “ninguém pode ensinar verdadeiramente se não ensina alguma coisa que seja verdadeira ou válida a seus próprios olhos.” (FORQUIN, 1993, p. 9). Além disso, para que a inserção de FMC seja feita com sucesso na escola, Terrazzan (1994) reserva papel importante para a história da ciência e critica a maneira, como muitas vezes, esta é apresentada



A localização e contextualização histórica dos principais problemas vividos no final do século XIX pela física da época não são meras '*alternativas*' ou alegorias para uma abordagem inicial dos temas. Constituem-se, isto sim, em instrumentos didáticos centrais à compreensão dos conceitos fundantes da física moderna, particularmente na construção do arcabouço da física quântica. (1994, p. 171)

Em relação aos conteúdos, ele afirma a importância dos Princípios para a Física destacando “o de correspondência, o de complementaridade, o de exclusão e principalmente o de indeterminação” (TERRAZZAN, 1994, p. 172). Além desses menciona:

[...] os fundamentos físicos da química, a interação da luz com a matéria, o espectro de radiações, os fenômenos nucleares como radioatividade e sua relação com a astrofísica, a física dos semicondutores em associação com o estudo das propriedades dos materiais, a equivalência massa-energia e a identidade da massa gravitacional com a massa inercial. (TERRAZZAN, 1994, p. 172)

Com uma preocupação no mesmo sentido, Ostermann e Moreira (2001), por meio da Técnica Delphi, elaboraram uma lista de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea possíveis de serem ensinados no nível médio. Esse estudo Delphi desenvolveu-se em três etapas:

- Foi solicitado aos entrevistados (físicos; pesquisadores em Ensino de Física e professores do Ensino Médio) que citassem tópicos de Física Contemporânea para uma atualização do currículo do nível médio.
- Os entrevistados deveriam tomar posição em relação aos tópicos que sugeriram na primeira etapa.
- E por último foi permitido que revisassem os tópicos indicados e atribuíssem um grau de prioridade para os tópicos.

Ao final, foi obtida uma lista dos tópicos mais indicados, cuja síntese é a seguir apresentada:

efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas. (OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p. 138)

Que revela ser um pouco ampla e genérica, pois contempla desde um conceito até uma teoria inteira, o que em muitas situações pode não ajudar muito o professor da Educação Básica.

Além da preocupação com o que ensinar, existe a de como ensinar. Isto é, qual a melhor maneira de introduzir conceitos e/ou teorias de FMC nos programas de EM? Dentre os pesquisadores de Ensino de Física, algumas vertentes foram se formando quanto à maneira que a FMC deve ser inserida no EM, vertentes essas que são apontadas por Terrazzan (1994).

A primeira é referente à exploração dos modelos clássicos, em que a inserção de FMC se daria a partir da Física Clássica, de seus limites. Segundo Terrazzan, essa vertente é devido aos trabalhos de Gil e Solbes (1998).

A segunda vertente, em sua maioria, em oposição à primeira, diz que ao inserir tópicos de FMC, não deve ser feita referência aos modelos clássicos. As contribuições para a formação desta linha foram especialmente de Fischler e Lichtfeldt. Esses autores (citados em Terrazzan, 1994) afirmam que, ao fazer analogias com modelos clássicos, criam-se obstáculos de aprendizagem.

Enfim, Arons (citado em Terrazzan, 1994) indica que apenas alguns tópicos devem ser selecionados para serem ensinados ao nível Médio, correspondendo a uma concepção que seria, de acordo com esse autor, intermediária em relação às duas anteriores.

Apesar de necessária, conforme tem sido registrado pelos diversos autores, a atualização curricular, envolvendo tópicos de FMC, é conveniente deixar claro que não se pretende de maneira alguma com isso abandonar a Física Clássica, aspecto com o qual concordamos com Terrazzan, quando pondera que

Não se trata, é claro, de abandonar o estudo da física clássica, mesmo porque, em muitos momentos ela foi o suporte para o entendimento dos conceitos desenvolvidos na física moderna, a qual lhe sucedeu historicamente. Vale lembrar que princípios gerais de conservação – energia, quantidade de movimento e momento angular - continuam válidos mesmo na física contemporânea. E, em muitos momentos cruciais da ciência desenvolvida neste século, foi a firme crença na validade desses princípios que possibilitou a sugestão de soluções ou a formulação de modelos. (TERRAZZAN, 1994, p. 70, 71)

Nesse sentido, os diversos autores e os trabalhos analisados indicam que os conteúdos selecionados devem contribuir para que o estudante (concluinte dessa etapa de ensino, que escolher ou não carreira científica, ou para aqueles que o

Ensino Médio será a última etapa de escolarização) tenham uma visão geral e adequada do quadro teórico da ciência Física, ou seja, que o estudante ao finalizar o Ensino Médio possua minimamente uma **cultura científica**, que lhe permita atuar e participar na sociedade. Assim,

deve-se proporcionar aos estudantes uma visão da ciência física, por exemplo, como um corpo unitário de conhecimentos que possui uma estruturação interna em grandes sistemas conceituais interrelacionados. Assim, todos estes sistemas devem comparecer como conteúdos específicos de ensino na escola média, é claro com os recortes e as adequações metodológicas necessários para possibilitar a sua compreensão pelos estudantes. Aqui abre-se espaço de imediato para a introdução dos tópicos referentes à física moderna e contemporânea. (TERRAZZAN, 1994, p. 162)

Pelo exposto entende-se como importante a atualização curricular de modo a contemplar conhecimentos Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, inclusive por permitir mostrar ao estudante uma visão da completude do quadro teórico da Física. Isso porque questões importantes que fizeram parte do desenvolvimento da Física Clássica, assim como as que fizeram parte do desenvolvimento da FMC devem estar presentes na sala de aula.

Da mesma maneira, princípios importantes formulados no contexto da Física Clássica continuam sendo válidos no contexto da FMC, como é o caso do Princípio da Conservação da quantidade de movimento, e também o da Conservação de Energia. Isto é, é preciso possibilitar ao estudante um ensino de Física em que a Física tenha relação com a própria Física, que os conceitos são os mesmos para diferentes contextos. Pois uma visão geral da Física, permitirá aos estudantes uma leitura mais crítica e atualizada da ciência e do mundo que o cerca.

Para finalizar, entende-se que dentro deste contexto a disciplina de Física na escola não deve apenas preocupar-se com o ensino de conceitos físicos, mas de toda uma **cultura científica** - de formas de pensamentos característicos das ciências. Para a construção dessa cultura científica, a natureza da ciência precisa ser considerada parte integrante das aulas de Física no Ensino Médio, o que permitirá ao estudante ter uma visão mais ampla e completa do fazer ciência.

Com preocupações e intenções próximas das colocadas neste capítulo, alguns trabalhos, fruto de pesquisas em Ensino de Física, dos quais alguns serão apresentados no próximo capítulo, trazem possibilidades de trabalho com a Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do Ensino Médio.

### **CAPÍTULO 3 - PROPOSTAS DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA VOLTADAS PARA O ENSINO MÉDIO**

Com a intenção de avaliar o quanto as pesquisas acerca da inserção de FMC no EM têm conduzido a propostas de ensino a serem efetivadas em sala de aula, foi analisada a produção acadêmica pertinente, publicada em artigos e dissertações, a partir de 2002, ano da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais + para o Ensino Médio.

Muito embora os PCNEM já apontassem para o ensino de uma Física que contribuísse para o entendimento do mundo contemporâneo e que na parte específica da Física - Conhecimentos de Física -, fossem mencionados alguns conceitos e/ou teorias de FMC, os PCNEM+ trazem de forma mais explícita a FMC, uma vez que a mesma aparece nos temas estruturadores e unidades temáticas do documento. Por esse motivo o recorte temporal foi estabelecido tomando como parâmetro o ano de publicação dos PCN+: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (2002).

Num primeiro momento da investigação, foram identificados artigos que abordavam, de maneira geral, questões sobre a inserção de FMC. A fonte da pesquisa foram os periódicos: Ciência e Ensino; Ciência & Educação; Caderno Brasileiro de Ensino de Física e Revista Brasileira de Ensino de Física. Também foram pesquisados os bancos de bibliotecas virtuais das Universidades e o site da Capes<sup>5</sup> para identificar as dissertações e teses que tratavam da mesma questão.

Para a busca das dissertações as seguintes palavras chave foram utilizadas: ensino de física, física contemporânea, física moderna, supercondutividade, supercondutividade no ensino médio, relatividade, relatividade restrita, relatividade no ensino médio, teoria da relatividade, teoria da relatividade geral no ensino médio, teoria da relatividade restrita no ensino médio, física quântica, física quântica no ensino médio, dualidade da luz no ensino médio, princípio de Heisenberg, currículo de física, atualização curricular, atualização curricular de física, atualização curricular e formação de professores, ensino de física moderna, ensino de física moderna no ensino médio, ensino de física contemporânea no ensino médio, ensino de física

---

<sup>5</sup> Convém destacar que algumas dissertações encontradas na CAPES, não estão disponibilizadas na íntegra na Instituição em que foram produzidas

contemporânea, física moderna e contemporânea no ensino médio, equivalência massa-energia no ensino médio.

Dos trabalhos encontrados foi analisado o resumo com vistas à segunda etapa da investigação, que consistiu na análise daqueles que relatavam propostas de ensino efetivadas em sala de aula.

Assim, a presente revisão de literatura teve como objetivo prioritário identificar propostas de ensino que apresentam o encaminhamento e a maneira como os conteúdos de FMC foram explorados em sala de aula do Ensino Médio, bem como os resultados obtidos. A análise considerou, dentre outros, os seguintes aspectos: metodologia proposta, referencial teórico adotado e conteúdos sugeridos. Os trabalhos encontrados, comentados a seguir, foram divididos nas seguintes áreas: Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, Física de Partículas, Supercondutividade e Física das Radiações.

### 3.1 TEORIA DA RELATIVIDADE

O primeiro texto a ser considerado é a tese de doutorado “Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia”, de Machado (2006) que tem também um artigo de mesmo nome publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física (MACHADO; NARDI, 2006).

O propósito dos autores foi utilizar-se da hipermídia para ensinar Física Moderna, em especial a Teoria da Relatividade, com foco na equivalência massa e energia. Para isso foram criados hipertextos que levam em consideração a história e filosofia da ciência com enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) e que procuram fazer a transição entre a Física Clássica e a Física Moderna, tendo como teoria de fundo a aprendizagem significativa de Ausubel.

O resultado da construção do software educacional foi testado em uma turma de terceira série do Ensino Médio de uma escola pública. Para avaliação do material e da aprendizagem dos estudantes foram aplicados pré e pós-testes, atividades exigidas pelo software que deveriam ser respondidas por escrito durante o curso e entrevistas concedidas pelos alunos ao final do curso.

Os pesquisadores concluem que o computador é motivador, que o conteúdo na hipermídia estava acessível aos estudantes e que as imagens auxiliaram na

aprendizagem. E ainda, o fato de ter apresentado a Física Moderna a partir da Física Clássica facilitou que os estudantes percebessem a ciência em evolução.

O segundo texto, um artigo, denominado “Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem” (GUERRA; BRAGA; REIS, 2007), teve por finalidade apresentar uma abordagem da Relatividade Restrita e Geral no EM, a partir da história e filosofia da ciência.

A proposta curricular em questão foi aplicada em uma escola federal, tendo como tema central uma discussão em torno das contribuições de Galileu para a Cinemática, numa perspectiva histórico-filosófica, considerando que a Física deve-se dar no contexto social em que a ciência foi produzida. Os autores descrevem que, para auxiliar na discussão histórica foi utilizado o filme *O Nome da Rosa*.

Os resultados da pesquisa foram todos qualitativos, registrados pelo professor ao longo das aulas, desde suas impressões até o comportamento dos alunos e questões por eles levantadas. Esses registros mostraram a possibilidade de inserção da Teoria da Relatividade Restrita na primeira série do EM, sem que fosse dado à teoria um aspecto de conteúdo à parte, como um apêndice daquele já estabelecido para esta série.

O artigo “Tempo relativístico no início do Ensino Médio” (KARAM; CRUZ; COIMBRA, 2006), com a intenção de apresentar ao aluno um tempo diferente do tempo da Mecânica Clássica, também apresenta uma experiência da inserção da Teoria de Relatividade Restrita na primeira série do Ensino Médio. Inicialmente, o trabalho traz um breve histórico sobre o conceito de tempo e ressalta o quanto este conceito é complexo, chamando a atenção para a maneira simplificada como ele é apresentado nas aulas de Física do EM, ou mesmo a maneira como aparece nos livros didáticos, totalmente descompassado da sua evolução histórica.

A proposta foi desenvolvida em 10 aulas com alunos da primeira série de uma escola pública, contemplando os seguintes conteúdos: princípio da relatividade, noções de tempo, magnitude da velocidade da luz, experiência de Michelson-Morley, os dois postulados da Relatividade Restrita e suas consequências. Com a intenção de verificar a aprendizagem desses conceitos, foram realizados pré-teste e pós-teste para perceber a evolução conceitual dos estudantes.

Os autores concluem que o livro didático contribui para que o estudante forme um conceito de tempo absoluto extraído da Cinemática Clássica, tornando-se assim

um obstáculo para o entendimento da noção relativística e sendo, provavelmente, um dos motivos da resistência inicial dos alunos para a aceitação de um tempo diferente do que o conhecido por eles, o tempo da Cinemática Clássica.

Outro artigo, “Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula”, também de Karam, Cruz e Coimbra (2007), propõe uma sequência didática para abordar a Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio, testada com estudantes da primeira série.

A escolha pelo tema foi justificado pelos autores, em grande parte, devido ao fato dele não ser tratado em aulas e nem em livros de Física destinados ao Ensino Médio. A dinâmica da sequência se deu basicamente a partir de debates realizados em sala de aula, conduzidos pelo professor. Através de aplicação de testes antes e depois das aulas, foi possível avaliar a evolução das ideias dos estudantes.

Ainda Karam (2005), em seu trabalho de mestrado, desenvolveu um módulo didático, tendo como conteúdo a Teoria da Relatividade Restrita a partir dos conceitos da Mecânica Clássica, tempo relativístico e referencial. Para elaboração do módulo didático, o autor tomou por base os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1991).

O trabalho utilizou como referencial de análise a teoria sócio-interacionista de Vygotsky e para a concepção de aprendizagem o modelo de Mortimer (1994) do perfil conceitual. O módulo elaborado foi dividido em 5 unidades/aulas, das quais a primeira trazia uma problematização do conteúdo a partir dos fundamentos da Relatividade Galileana. Para as demais unidades foram utilizados recursos como vídeos e o histórico da Relatividade. O módulo foi aplicado primeiramente num estudo piloto, o qual permitiu a reformulação do módulo para uma segunda aplicação.

Com a intenção de identificar as pré-concepções dos estudantes acerca do conceito de tempo foi aplicado um pré-teste, e com objetivo de perceber a evolução conceitual dos estudantes foi aplicado um pós-teste. Este possibilitou verificar uma evolução significativa do perfil conceitual dos estudantes. Os resultados apontaram ainda que os momentos pedagógicos mostraram-se eficazes.

Köhnlein (2003), em seu trabalho de mestrado, o qual foi publicado com o mesmo título no Caderno Brasileiro de Ensino de Física - “Uma Discussão sobre a natureza da Ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade

restrita” (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005) pauta-se nos PCNs (1999) para a elaboração de um módulo didático sobre a Teoria da Relatividade Restrita que leve em consideração a natureza da ciência. Esse módulo foi proposto, da mesma forma que o trabalho de Karam (2005), a partir dos três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992).

Conforme mencionado, o módulo preocupava-se com a natureza da ciência, e é a partir desse ponto que ele se inicia, seguido pela concepção empirista-indutivista da Ciência; limitações dessa concepção; Física Clássica: Mecânica Newtoniana; limites da Física Clássica para a Física Moderna; Física Moderna: Mecânica Relativística; biografia de Albert Einstein, finalizando com a natureza da ciência a fim de perceber a evolução dos estudantes com relação às suas concepções iniciais.

Foram realizados pré e pós – testes versando sobre a natureza da ciência. Como análise dos resultados deixamos a palavra com os autores:

O módulo didático centrado em aspectos históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita, planejado sob a perspectiva dos três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov [...], mostrou-se uma estratégia bastante positiva, capaz de envolver o aluno nas discussões em sala de aula e promover o seu interesse. (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005, p. 63)

E ainda,

O questionário aplicado na primeira etapa revelou que, na maioria das questões, as ideias dos alunos estavam em grande parte inspiradas na corrente empirista-indutivista. Após as atividades desenvolvidas (ou seja, na segunda etapa), constatou-se que as respostas ao instrumento apresentaram, de uma forma geral, uma diferença considerável. Além de optarem por uma visão mais próxima da filosofia construtivista, notou-se que houve um aprimoramento nos argumentos utilizados, que receberam a influência de vários aspectos discutidos em sala de aula. (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005, p. 64)

Os mesmos afirmaram que o trabalho desenvolvido por eles não é uma receita, mas um material que pode resultar em reflexões para a necessidade de uma nova direção para o Ensino de Física, no sentido de uma atualização curricular (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005).

Carlos Magno Lima Fernandes e Silva (2006), em seu trabalho de mestrado “Uma proposta para o ensino da teoria da relatividade especial no nível médio”, alegando a falta de material para esse nível de ensino, inicialmente produziu um



módulo didático para então elaborar uma proposta de ensino da Teoria da Relatividade Especial (TRE).

A produção do módulo didático iniciou-se com um questionário aplicado a estudantes com a intenção de levantar as concepções prévias. A partir dessas foi elaborada uma situação problema para iniciar o ensino da TRE. Dando sequência ao trabalho foi realizada uma revisão dos conceitos da Mecânica Clássica - espaço, tempo, massa, energia, referencial, transformação de Galileu para velocidade, medidas de intervalo de tempo e de comprimento.

Para as aulas subsequentes foram propostas situações problema não possíveis de serem resolvidas pela Física Clássica, o que levou à necessidade de introdução de novos conhecimentos para sua resolução. Além da problematização destaca-se ainda, como estratégias de ensino, a história e filosofia da ciência e concepções prévias dos estudantes.

O autor deste trabalho afirma que, em relação à aceitação de conteúdos atuais por parte dos estudantes, foi confirmado o já anunciado por outras pesquisas presentes na literatura, de que o ensino da TRE é motivador para os estudantes.

Também em relação à inserção da TRE foi encontrado o trabalho de Wolff (2005), "O ensino da relatividade especial no nível médio: uma abordagem histórica e conceitual", que consistiu na aplicação de uma proposta de ensino para o terceiro ano de EM, dentro da grade curricular.

A proposta de ensino elaborada pelo pesquisador foi aplicada pelo professor da escola participante da pesquisa. Ela continha um texto histórico conceitual da TRE e um manual para o professor. A pesquisa também contou com pré e pós testes, e estava amparada na teoria histórico-cultural de Vygotsky e aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.

Como resultado desta proposta, levantado pelo autor, destaca-se o papel fundamental que teve a história da ciência para o entendimento, por parte dos estudantes, da transição da Física Clássica para a Física Moderna.

Como as demais pesquisas levantadas, o trabalho "Uma introdução conceitual à relatividade especial no Ensino Médio" de autoria de Maria Inês Castilho é a implementação de uma proposta de ensino de FMC para o EM, com apresentação dos resultados de aprendizagem e de aceitação, por parte dos estudantes, da Teoria da Relatividade Especial.

O trabalho e todo o desenvolvimento da proposta fundamenta-se na teoria cognitiva de Piaget, sendo a proposta aplicada em um curso extraclasse para estudantes convidados, de 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> séries do EM.

Além da elaboração da proposta, a autora dedicou-se a elaboração de pré-testes para tomar conhecimento do interesse dos estudantes pelo tema, bem como para identificar possíveis concepções prévias, e também a produção de material didático e a elaboração de animações em flash.

O curso desenvolveu-se em 9 encontros, dividido em 4 etapas:

- 1 – Histórico da Relatividade Especial e retomada de conhecimentos relativos a Relatividade Clássica;
- 2 – Os postulados da Relatividade Especial e as consequências da teoria;
- 3- A relação massa e energia e o paradoxo dos gêmeos;
- 4 – Avaliação de conhecimentos e do curso.

Em relação à quarta etapa, vale considerar que a avaliação considerou tanto a aprendizagem dos estudantes em relação ao tema como a opinião deles sobre o formato do curso.

Como resultados, destaca-se da fala da autora que “Os alunos do ensino médio estão perfeitamente aptos a adquirirem conhecimentos relativos a introduções conceituais a Física contemporânea” (CASTILHO, 2005, p.107). E ainda, que recursos computacionais, como simulações e criação de página na internet são significativos no que se refere à aprendizagem (CASTILHO, 2005).

Para finalizar, apresenta-se o trabalho de Borges (2005), intitulado “Física Moderna e Contemporânea: uma experiência didática com a teoria da Relatividade Restrita”. O trabalho contou com o referencial teórico da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria de ensino de D. B. Gowin.

Após realizar uma entrevista com 11 professores de Física do EM, com a intenção de conhecer a opinião desses professores sobre uma possível reformulação curricular, o autor desenvolve uma proposta para o ensino da Teoria da Relatividade Restrita. A proposta elaborada foi aplicada primeiramente a 37 estudantes. Após uma reformulação foi aplicada a um grupo de 50 estudantes, em 8 encontros. A primeira aula contava com um questionário cujo objetivo era o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema, e a última

com uma avaliação para perceber o entendimento, por parte dos estudantes, da teoria.

Ao final o autor faz um tratamento estatístico dos resultados, e em relação a aprendizagem dos estudantes conclui:

Em nossa pesquisa constatamos que é viável ensinar alguns tópicos da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, tanto do ponto de vista de conceitos como de atitudes. Os alunos mostraram-se motivados e desafiados a interpretar e compreender tópicos atuais. Os testes aplicados mostraram bons resultados, o que contraria algumas opiniões de que nossos alunos nunca conseguiram entender e que, portanto, não adiantaria explicar. (BORGES, 2005, p. 68)

### 3.2 MECÂNICA QUÂNTICA

Iniciamos com o trabalho de Chiarelli (2006), “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: é possível abordar conceitos de Mecânica Quântica”, que propõe a abordagem, de forma conceitual, numa turma de terceira série do EM, dos seguintes conceitos da Mecânica Quântica: dualidade, princípio da incerteza, caráter probabilístico de resultados de medida, superposição de estados (gato de Schrödinger).

Na sala de aula, conforme o autor, foram necessários alguns recursos, tais como apresentação em Power Point, para o ensino do problema da dupla fenda e do gato de Schrödinger, e apresentação de vídeos para os demais conceitos.

O marco teórico da pesquisa é a aprendizagem significativa de Ausubel, as técnicas de mapas conceituais de Novak para perceber a compreensão por parte dos estudantes dos conceitos, além do perfil epistemológico de Bachelard para análise de pré e pós testes que foram aplicados.

Para o autor o resultado foi considerado positivo, pois foi possível o ensino da Mecânica Quântica no EM. Ele, porém, aponta como uma dificuldade a falta de hábito de leitura dos estudantes.

O segundo trabalho encontrado para o ensino da Mecânica Quântica foi o de Sonza (2007), “Uma introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio”, que

aborda conteúdos diferentes do primeiro, quais sejam: radiação solar; radiação dos corpos; efeito fotoelétrico e dualidade onda-partícula.

Ele foi desenvolvido pela autora em duas etapas. Na primeira foi aplicado um questionário a professores de Santa Maria/RS e região. A partir das respostas obtidas, a autora analisou os livros didáticos utilizados por esses professores e os currículos das escolas que eles lecionavam.

Na segunda etapa, partindo dos resultados da primeira, foi elaborado um módulo didático de cinco aulas, sendo aplicado a uma segunda série do EM. Para a elaboração das cinco aulas foram utilizados recursos variados, como livros didáticos para o EM e para a graduação, sites e artigos científicos. Durante as aulas expositivas (sempre acompanhadas de questionamentos para instigar a participação dos estudantes nas aulas) utilizou-se de apresentações com Power Point, principalmente para as figuras.

A receptividade dos estudantes pelos conteúdos, conforme se depreende do texto a seguir, foi avaliada pela autora como muito boa:

Uma das grandes recompensas deste trabalho foi a mudança de atitude observada nos alunos a cada novidade que lhes era apresentada, seu interesse, e, no último encontro, o pedido dos alunos para que houvesse mais aulas com aqueles conteúdos e metodologias. (SONZA, 2007, p.64)

Como referencial teórico do trabalho utilizou-se da teoria da aprendizagem de Piaget e considerou o processo de ensino e aprendizagem segundo Ausubel.

Para além dos conceitos, Carvalho Neto (2006), em seu trabalho intitulado “Aspecto preditivo da Mecânica Clássica e da Mecânica Quântica: uma proposta teórico-metodológica para alunos do ensino médio” faz uma proposta de ensino que considera aspectos preditivos das Mecânicas Clássica e Quântica, porém preocupando-se com os conceitos envolvidos e com a natureza da ciência. O estudo foi aplicado, reelaborado e aplicado novamente em uma terceira série do Ensino Médio. Utilizou-se de entrevistas para pré-teste, e pós-teste com intenção de verificar a aprendizagem significativa, já que seu trabalho tinha como referencial David Ausubel.

Como recurso de aula foi utilizado um vídeo de um experimento real, no qual é possível perceber um padrão de interferência. A ideia da apresentação do vídeo era aproximar a visão do estudante à fenomenologia quântica, focando no aspecto

preditivo probabilístico da Mecânica Quântica. Logo, o objetivo do trabalho estava para além da aprendizagem dos conceitos da Mecânica Quântica, indo em direção de um entendimento e percepção por parte dos estudantes, dos aspectos preditivos desta. Nas palavras do autor:

Destaca-se como resultado principal da pesquisa a aprendizagem significativa acerca do aspecto preditivo intrinsecamente probabilístico da Mecânica Quântica, mesmo para eventos individuais, como na interferência dos elétrons, jogados um a um, no experimento da dupla fenda, realizada no Japão (Tonomura, et al, 1989). Isso expressou, a nosso ver, um importante avanço na percepção de uma fenomenologia propriamente quântica e uma reflexão mais crítica acerca das limitações do determinismo clássico implícito na segunda lei de Newton. (CARVALHO NETO, 2006, p. 132)

Brockington (2005), em seu trabalho de mestrado intitulado “A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio”, elabora uma proposta de ensino de Mecânica Quântica para estudantes do Ensino Médio. A intenção do autor era mostrar aos estudantes, a partir da Mecânica Quântica, que a Física representa a natureza a partir de modelos.

A proposta foi elaborada e analisada à luz da transposição didática e aplicada em uma turma de 3ª série, com uma variação entre 30 e 32 estudantes frequentando as aulas. O autor do trabalho não aplicou a proposta, atividade que foi desenvolvida pelo próprio professor da turma escolhida.

Considerando as ideias de Arons (1999) o autor selecionou alguns tópicos de FMC para transpor e constituir uma proposta de ensino: fótons, quantização, estruturas atômicas modernas, dualidade onda partícula e a não-localidade. O autor entendeu necessário que alguns saberes clássicos, tais como características principais de ondas e partículas, eletromagnetismo clássico e modelos atômicos, deveriam estar presentes na constituição da proposta.

Para a organização das aulas, como recurso metodológico, a proposta utilizou-se da história da ciência e discussões filosóficas, utilização de software e de experimentos de pensamento e, ao longo do desenvolvimento da proposta, o autor teve a preocupação em viabilizar a transposição de conceitos de Física Moderna e Contemporânea compatíveis e acessíveis a estudantes do Ensino Médio. Para ele,

Esse foco de nossa pesquisa foi determinado a partir da crença de que nos objetos (atividades, textos, exercícios, roteiros etc.) residem o maior impedimento para a efetiva inserção desses conteúdos em sala de aula. Por

meio de nossa análise foi possível delinear algumas respostas sobre “como” inserir elementos de Mecânica Quântica na escola secundária. (BROCKINGTON, 2005, p. 240)

Isto é, na compreensão do autor foi possível a criação de atividades para abordar os conceitos da Mecânica Quântica para o nível médio, assim como a transposição didática dos mesmos.

No artigo “Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico” (SALES; VASCONCELOS; CASTRO FILHO; PEQUENO, 2008), publicado na Revista Brasileira de Ensino de Física, os autores utilizam um Objeto de Aprendizagem a partir da modelagem exploratória para ensinar o efeito fotoelétrico, como também o cálculo da constante de Planck.

O Objeto de Aprendizagem foi explorado por 32 estudantes de 3ª série do Ensino Médio. Antes dos estudantes trabalharem em duplas explorando o recurso, foi apresentado a eles os fundamentos teóricos da Física Moderna necessários para o trabalho de modelagem.

Segundo os autores a interação dos estudantes com o Objeto de Aprendizagem foi boa, o que “resultou em uma aprendizagem significativa do fenômeno efeito fotoelétrico, com eficiente transposição didática dos conteúdos e o fortalecimento de mudanças conceituais.” (SALES; VASCONCELOS; CASTRO FILHO; PEQUENO, 2008, p. 11)

Acrescentam ainda que

Por se tratar de um ambiente de experimentação na forma de um jogo, o pato quântico [nome dado ao Objeto de Aprendizagem] é atrativo e pode levar à aprendizagem com satisfação. (SALES; VASCONCELOS; CASTRO FILHO; PEQUENO, 2008, p.11)

Além desses textos, foi localizada a dissertação intitulada “Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de Física Moderna”, de autoria de Silva (2009). Muito embora o foco do trabalho não fosse a inserção de Física Moderna, mas sim a aquisição da linguagem por parte dos estudantes, ela foi analisada pelo fato de o conteúdo envolvido ser espectroscopia. Optamos por inserir aqui, junto aos trabalhos sobre a Mecânica Quântica, pois, no nosso entendimento, este é um conteúdo que está na faixa de transição da Física

Clássica para a Física Moderna, ou ainda, entre estudos de campos, ondas e dualidade da luz.

### 3.3 FÍSICA DE PARTÍCULAS

O único trabalho encontrado sobre Física de Partículas foi o de Siqueira (2006), que, no seu mestrado, desenvolveu uma proposta de um curso de Física de Partículas: “Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio” - que por sua vez foi aplicado a alunos do Ensino Médio por professores da cidade de São Paulo. A estrutura do curso elaborado foi analisada sob o referencial da transposição didática.

Para construção das atividades utilizou-se dos seguintes recursos: textos, simulações, animações e história da ciência, com objetivo de trabalhar a constituição da matéria até o modelo padrão das partículas elementares. Para isso foi proposto o desenvolvimento dos seguintes conceitos: partículas elementares, antipartículas, mensageiros das interações, descrição do modelo padrão, tendo como preocupação a natureza da ciência.

A primeira sequência proposta e aplicada partia do campo eletromagnético (mundo macroscópico) para o microscópico. Esta sequência, de acordo com o autor, por ter apresentado algumas dificuldades na aplicação, especialmente na transição da Física Clássica para a Moderna, foi reestruturada, partindo do que ficou subentendido que seria mais próximo do cotidiano dos estudantes – Radiações (raios -X). A nova sequência, por temas, foi assim proposta: radiações; ordem de grandeza; modelos atômicos e a experiência de Rutherford; a estabilidade do núcleo (radiação  $\alpha$  e a força forte); Lattes e os mésons; modelo dos quarks; neutrino e a radiação  $\beta$ ; As novas leis de conservação, antimatéria e antipartículas; uma nova concepção do campo eletromagnético; diagrama de Feynman; as partículas: bósons e férmions. E ao final dessa nova sequência o autor afirma que “[...] foi possível aplicar um pouco sobre a Ciência atual, discutindo aspectos como validação de teorias, o papel dos modelos para a Ciência e buscando alterar um pouco a concepção estereotipada da Ciência” (SIQUEIRA, 2006, p. 155).

### 3.4 SUPERCONDUTIVIDADE

Assim como na área de Física de Partículas, apenas um trabalho abordando o tema da Supercondutividade foi encontrado. O trabalho é uma dissertação de mestrado de autoria de Carla Spohr (2008) - “O tema da supercondutividade no nível médio: desenvolvimento de material hipermídia fundamentado em epistemologias contemporâneas”.

A ideia central foi trabalhar a supercondutividade a partir de uma página de internet, criada pela pesquisadora, fundamentada em epistemologias contemporâneas: Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan.

A proposta de ensino considerou a natureza da ciência e contemplou os seguintes conteúdos: modelo de metal, corrente elétrica, resistividade elétrica, supercondutor x condutor perfeito, materiais supercondutores, indução eletromagnética – Lei de Faraday, propriedade do estado supercondutor, resistividade nula, efeito Meissner, levitação magnética, transição do estado normal para o estado supercondutor como uma mudança de estado físico, Teoria BCS, resistividade nula e pares de cooper, o efeito colchão, aplicações e transmissão de potência.

As aulas foram ministradas para a terceira série do EM, e estão descritas e comentadas uma a uma na dissertação. A teoria de Vygotski é utilizada como referencial para a análise do processo de ensino aprendizagem dos estudantes durante o desenvolvimento das aulas.

A página produzida e utilizada como principal recurso nas aulas, segundo a autora, “mostrou-se um material didático capaz de envolver o aluno em discussões interessantes durante a aula e contribuir para sua motivação em aprender Física.” (SPOHR, 2008, p. 121).

### 3.5 FÍSICA DAS RADIAÇÕES

Para essa área da Física Moderna, assim como na Supercondutividade e Física de Partículas, encontramos apenas um trabalho: “Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio”, de autoria de Wellington Sousa (2009), aplicada a uma turma de EJA – Educação de Jovens e Adultos.



Para a elaboração da proposta e análise da validade da mesma após aplicação foram utilizadas ferramentas da transposição didática.

A turma selecionada para que o curso proposto fosse desenvolvido, contava com 45 alunos matriculados, mas apenas 35 frequentavam regularmente as aulas. O curso foi desenvolvido em 19 aulas, com as seguintes etapas:

1-Radiação eletromagnética: radiação eletromagnética, espectro eletromagnético, aplicações das radiações eletromagnéticas;

2-Radiações corpusculares: átomo e modelo atômico; interação nuclear e a estabilidade da matéria; decaimento radioativo, descoberta da radioatividade;

3-Interação das radiações com a matéria e seus efeitos: interação da radiação com a matéria e seus efeitos;

4-Detectores de radiação: detectores de radiação.

As atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta, a partir dos temas e conteúdos descritos acima, de uma forma geral, exigiam muito a participação dos estudantes, uma vez que eram de caráter investigativos ou de situação-problema, o que foi avaliado de forma positiva pelo autor, pelo fato do conteúdo ter sido entusiasmador para os estudantes.

Sousa (2009) afirma que a transposição didática foi útil no momento de transpor os conteúdos para uma linguagem acessível aos estudantes e que a utilização dessa ferramenta foi um sucesso.

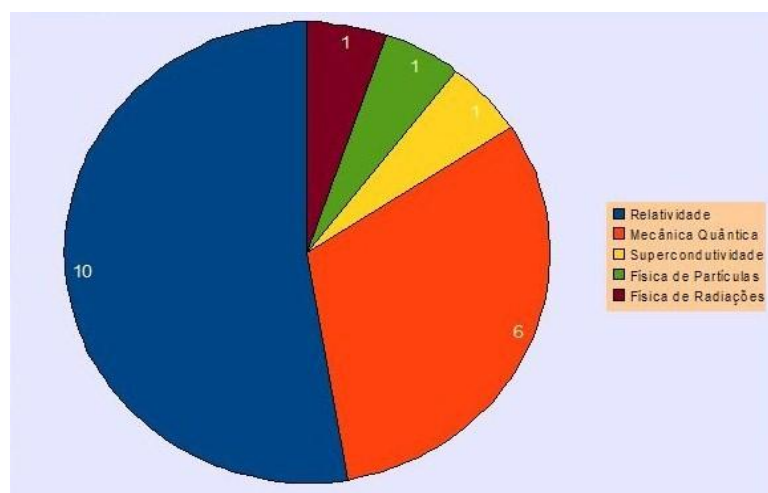
Assim, segundo Sousa (2009) “Podemos concluir que foi possível levar a proposta do curso de física das radiações para os alunos do Ensino Médio, mesmo que estes fossem da modalidade EJA.” (p. 109). Ainda, o autor coloca que embora o foco da pesquisa não tenha sido a aprendizagem, foi possível concluir que não houve grandes dificuldades, as quais, por sua vez, não foram muito diferentes daquelas presentes no aprendizado da Física Clássica. (SOUSA, 2009, p. 109)

O autor também comenta como se deu a superação dos obstáculos para a inserção de Física Moderna no Ensino Médio, como por exemplo, como o formalismo matemático foi rompido com uma abordagem fenomenológica, como a confecção de próprio material superou a sua falta na escola e como ocorreu a preparação do professor aplicador da proposta (quem aplicou a proposta foi o professor de Física da turma selecionada), que passou por um processo de capacitação.

### 3.6 ALGUNS COMENTÁRIOS SOBRE A REVISÃO DE LITERATURA

Com esse levantamento foi possível perceber a carência, no período considerado, de propostas de ensino em algumas áreas da FMC, tais como Física de Partículas, Física das Radiações e Supercondutividade, para os quais foi encontrado apenas um trabalho para cada área. Por outro lado, chama a atenção a presença de um número significativo de propostas de ensino para a Teoria da Relatividade Restrita e para a Mecânica Quântica.

Dessa forma, essa revisão permitiu detectar a carência de trabalhos em algumas áreas da FMC, que mostrem para os professores do EM um caminho seguro para a inserção desses conteúdos e possibilitem uma atualização curricular consistente, o que pode ser evidenciado no quadro a seguir, síntese das temáticas presentes nos trabalhos encontrados nessa revisão.



Mesmo para o caso da Teoria da Relatividade, onde se concentra o maior número de trabalhos, há ausência, por exemplo, de propostas que abordem de forma efetiva a Teoria da Relatividade Geral. Isto é, todas as propostas são voltadas especialmente para a Relatividade Restrita.

Isto, talvez se deva ao fato de que

[...] enquanto a TRR é amplamente difundida, a TRG, permanece ainda hoje, nove décadas após a sua formulação praticamente desconhecida pela grande maioria dos próprios físicos. O que é uma pena, uma enorme pena, pois, para todos aqueles que chegam a conhecê-la, ela constitui indubitavelmente uma das mais profundas, mais deslumbrantes, mais belas produções do espírito humano. (VIDEIRA, 2005, p. 66)

No caso da Mecânica Quântica a história se repete, pois os trabalhos em sua maioria concentram esforços para a dualidade da luz, não contemplando os grandes princípios, como o da indeterminação.

Apesar dessa disparidade percebe-se, em quase todos eles, uma preocupação dos autores em considerar a natureza, a história e a filosofia da ciência, o que permite que o estudante tenha uma visão mais próxima do desenvolvimento e da construção da ciência.

Esse aspecto evidenciado nas propostas analisadas é entendido como importante, pois há muito se fala sobre o assunto, inclusive da dificuldade que a escola tem em trabalhar as questões relacionadas à natureza da ciência:

A realidade escolar brasileira, particularmente na escola média, está muito longe do debate explícito e explicitador das concepções epistemológicas sobre ciência que se estabeleceram nos últimos cinquenta anos. Prevalece, de uma maneira subliminar, e portanto acrítica, na prática pedagógica dos professores de ciências naturais em especial, uma visão indutivista do processo de evolução científica. (TERRAZZAN, 1994, p. 15)

Ao comparar a citação acima com as atuais propostas para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, é possível concluir que estas superam esse obstáculo. Isto é, as propostas utilizam-se das questões relacionadas à natureza da ciência. Assim, ao trazer trechos da tese de Terrazzan (1994) tem-se a intenção de perceber o quanto tem se refletido em torno das questões levantadas por ele, nas atuais propostas de ensino.

Por outro lado, as experiências de pensamento citadas por esse autor (1994), ao comentar que o desenvolvimento da Física Quântica as teve como recurso importante, não tiveram destaque nos trabalhos analisados, sendo consideradas em alguns poucos trabalhos.

Ao mencionar as experiências de pensamento, ele fala da possibilidade de utilizá-las no nível médio, mas antes faz um alerta:

Certamente, a sua introdução pura e simples nas aulas só faria reforçar a visão distorcida, já comentada, que permeia o ambiente escolar e que privilegia a dimensão 'concreto-palpável' sobre a dimensão 'concreto-de-significações' e também a concretude sobre a abstração.

Contudo, as experiências de pensamento podem se tornar instrumentos poderosos para desenvolvimentos didáticos na física escolar, tanto quanto o são na própria pesquisa física, para a construção ou esclarecimento de conceitos difíceis e de natureza controvertida. (TERRAZZAN, 1994, p. 122)

Enfim, conforme já colocado, e admitindo que não existem receitas para a inserção de conteúdos atuais, entende-se que propostas de ensino são muito bem vindas, pois, a partir delas é possível criar e recriar, ou seja, podem ser o ponto de partida para professores de Física do Ensino Médio que pretendam abordar em suas salas de aula, temáticas ligadas aos conceitos de Física Moderna e Contemporânea.

Diferentemente dos trabalhos que fizeram parte dessa revisão de literatura, nos quais propostas são elaboradas, em geral no âmbito de estudos acadêmicos, pelos autores pesquisadores que algumas vezes configuram-se como aplicadores das propostas e outras vezes não, o presente trabalho, buscando responder **Como os professores mobilizam os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea que ensinam** adentra no ambiente escolar na tentativa de entender como a inserção de conteúdos de FMC tem acontecido na escola, no dia a dia, na dinâmica da escola, pelos professores, sem a intervenção de pesquisadores.

## **CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA E INSTRUMENTOS DE PESQUISA**

Há muito tempo pesquisas sobre a inserção de FMC vêm sendo desenvolvidas. Grande parte justifica a necessidade de uma atualização curricular e outras mais recentes desenvolvem o “como fazer”, isto é apresentam propostas de ensino de conteúdos de FMC e algumas chegam a aplicar essas propostas na sala de aula. Esse trabalho tem objetivos distintos destes, lançando um olhar para algumas salas de aula, em especial para entender como alguns professores, autonomamente, mobilizam conhecimentos de FMC para ensinar em suas aulas

### **4.1 A METODOLOGIA DE PESQUISA**

Quando ouvimos a palavra pesquisa, ou pesquisador, logo vem à cabeça a maneira como as pesquisas são realizadas nas ciências naturais, a qual imediatamente é conectada a um certo rigor, a um método, e um cientista que comprova ou derruba uma determinada teoria, ou ainda tira medidas e quantifica resultados.

Durante muito tempo, as ciências sociais emprestaram das ciências naturais a maneira de fazer pesquisa. No período de 1900 a 1920 as pesquisas apontavam para uma abordagem empírica e estatística orientada pela sociologia alemã; já na sociologia norte-americana a pesquisa girava em torno de métodos biográficos e descritivos, o que se deu aproximadamente até a década de 1940, uma pesquisa quantificada e padronizada.

No entanto, em especial na educação, o campo de investigação tem múltiplos fatores intervenientes o que dificulta, muitas vezes, generalizações. Além disso, em muitos casos, o que se conclui a respeito de um determinado local não pode ser imediatamente transposto para outro. Com isso, na década de 1960 se instaurou uma crítica de que este tipo de pesquisa não servia para o campo das ciências sociais, alongando-se até a década de 1970.

A partir daí, outra forma de fazer pesquisa, a pesquisa qualitativa, ganha espaço, pois “[...] ao contrário do que ocorre com as pesquisas quantitativas, as investigações qualitativas, por sua diversidade e flexibilidade, não admitem regras

precisas aplicáveis a uma ampla gama de casos” (ALVES-MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1999 p. 147).

Nesse sentido, desde que a pesquisa qualitativa vem estabelecendo-se nas Ciências Sociais, muitos métodos distintos de pesquisa foram surgindo, em consonância com o objeto a ser investigado. Para Flick (2004, p. 22), na pesquisa qualitativa deve acontecer uma comunicação entre o pesquisador e o campo a ser investigado, ou seja, o pesquisador deve ter afinidade com o seu objeto de estudo. Sendo assim, as sensações farão parte do processo de pesquisa, serão registradas no diário de pesquisa.

Muchhille (1991), citado por Holanda (2006) em relação aos métodos qualitativos afirma que

[...] são métodos das ciências humanas que pesquisam, explicitam, analisam, fenômenos (visíveis ou ocultos). Esses fenômenos, por essência, não são passíveis de serem medidos (uma crença, uma representação, um estilo pessoal de relação com o outro, uma estratégia face um problema, um procedimento de decisão [...], eles possuem as características específicas dos “fatos humanos”. (HOLANDA, 2006, p. 363)

Nesse campo de pesquisa qualitativa o investigador precisa conhecer o espaço, o contexto social e cultural da sua pesquisa, isto é, os resultados não aparecerão por indução e nem tampouco as variáveis são controladas. Dito de outra forma, a pesquisa no campo das ciências sociais não pode ser tomada como no campo das ciências naturais, no qual a pesquisa ganha um aspecto verificativo, para validar ou não uma teoria. Dessa forma a pesquisa na educação não pode acontecer a partir da perspectiva quantitativa, isto é, ela jamais será apenas verificativa. (LESSARD- HEBERT; GOYETTE; BOUTIN, 2005).

A pesquisa aqui descrita desenvolveu-se como uma pesquisa qualitativa. Por isso não é condição identificar quantos professores do Estado do Paraná abordam conteúdos de FMC ou, ainda, quantos não abordam, mas sim, investigar a prática daqueles professores que trabalham com tópicos atuais, quais tópicos selecionam e como os exploram em suas aulas, a fim de responder o problema desta investigação: “Como os professores mobilizam os conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea que ensinam?”

Para tanto, adentrou-se na escola e na prática do professor por meio de entrevistas concedidas por professores, com a intenção de entender a seleção

cultural dos conteúdos escolares, os métodos de ensino, enfim, a organização do professor de Física do Ensino Médio que ensina Física Moderna e Contemporânea, sem que essa auscultação tivesse a intenção de criticar o trabalho ou postura dos professores sujeitos desta pesquisa.

## 4.2 A SELEÇÃO DOS PROFESSORES

Os professores participantes desta investigação foram selecionados por objetivo, ou seja, a amostra foi intencional

A suposição básica da amostra intencional é que, com bom julgamento e uma estratégia adequada, possamos escolher os casos que devem ser incluídos na amostra e, assim, chegar a amostras que sejam satisfatórias para nossas necessidades. (LEITE, 1960, p.584)

Dessa forma, interessou-nos professores que abordam ou já abordaram conceitos de FMC em suas salas de aulas, constituindo-se assim naqueles que respondem às intenções da pesquisa. São professores que se preocupam com a atualização curricular e trazem em seus Planos de Trabalho Docente (PTD)<sup>6</sup> conteúdos atuais.

O interesse da pesquisa está no que os professores fazem e dizem, o que é bem característico de uma amostra intencional, pois “nesta, o pesquisador está interessado na opinião (ação, intenção, etc.) de determinados elementos da população, mas não representativos da mesma.” (MARCONI; LAKATOS, 1982, p.47).

Assim, os professores foram identificados no decorrer de cursos de formação continuada que aconteceram em todo o Estado do Paraná, organizados pela Secretaria de Estado da Educação, da qual a pesquisadora faz parte, compondo a equipe disciplinar de Física, e tendo o papel de coordenar e atuar como docente nesses cursos.

Esses encontros tinham caráter de formação continuada, com duração de 16 horas, sendo que um período de aproximadamente 3 horas era reservado para uma discussão acerca da seleção de conteúdos para o Ensino Médio, a partir dos PTDs

---

<sup>6</sup> No Tópico 4.3 – Instrumentos de investigação, serão apresentados detalhes sobre os Planos de Trabalho Docente (PTD).

elaborados pelos professores e levados ao encontro pelos mesmos. Essa discussão sempre trazia à tona que era necessário que se trabalhasse conteúdos de FMC no Ensino Médio. Em algumas situações, essa preocupação era trazida pelos professores participantes do curso e acatada pela maioria do grupo. Contudo, foi evidenciado que isso não refletia diretamente nos planejamentos dos professores, pois a maioria não havia inserido Física Moderna ou Contemporânea em seu PTD.

A seleção de professores que trabalham com Física Moderna e/ou Física Contemporânea foi possível porque no período de Maio de 2007 a Setembro de 2008, em que os cursos aconteceram, houve contato direto com praticamente todos os professores de Física do Estado do Paraná – um universo de aproximadamente 2.000 professores. Sendo uma seleção por objetivo, foi investigada a prática daqueles professores que trabalham com tópicos atuais em suas salas de aula, ação registrada em seu PTD. A partir desses encontros foram selecionados e convidados quatro professores para participarem da pesquisa, que haviam deixado claro seu interesse pela temática em sua participação nos cursos. Dos quatro convidados, três responderam prontamente a todas as etapas da pesquisa; o quarto professor inicialmente aceitou o convite, mas depois não atendeu ou não respondeu às tentativas de contato.

Por esse motivo, um quinto professor foi convidado, e este por sua vez aceitou prontamente, constituindo-se no quarto sujeito da pesquisa.

#### 4.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGAÇÃO

Selecionados os professores participantes da investigação, foi-lhes solicitado seus Planos de Trabalho Docente. Todos os professores tinham esses documentos em versão online e preferiram encaminhá-los por email. Com os documentos em mãos passou-se para a fase de sua leitura e análise.

A leitura e análise dos PTDs nos fez perceber que era preciso conhecer um pouco sobre a formação dos professores, bem como seu envolvimento na escola, como carga horária e tempo que lecionavam. Então para isso foi elaborado um questionário (APÊNDICE 1) que lhes foi encaminhado via email, respondido e devolvido também por email.



O objetivo principal deste questionário foi conhecer e ajudar a caracterizar os participantes da pesquisa, essencial para a interpretação dos dados, esclarecer alguns pontos dos PTDs e trazer subsídios para as entrevistas, que aconteceriam na sequência.

#### 4.3.1 O plano de trabalho docente

O Plano de Trabalho Docente (PTD) é um documento elaborado pelos professores da Rede Estadual, organizado de acordo com o sistema de avaliação de cada escola e deve apresentar os conteúdos específicos da disciplina, o tempo necessário para trabalhar cada um deles, os encaminhamentos metodológicos a serem empregados, os recursos didáticos a serem utilizados, além dos critérios de avaliação da disciplina. Ainda, um PTD deve ter como pano de fundo a Proposta Pedagógica Curricular, a qual por sua vez precisa considerar as Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica.

Assim, o PTD consiste no registro escrito e sistematizado do planejamento do professor, ação prevista no art. 13. da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – Lei 9.394/96, que afirma ser compromisso dos docentes:

I - participar da elaboração da proposta pedagógica do estabelecimento de ensino;

II - elaborar e cumprir plano de trabalho, segundo a proposta pedagógica do estabelecimento de ensino.

#### 4.3.2 O questionário

O questionário apresentava, num texto inicial, em linhas gerais, elementos da pesquisa da qual os professores estariam participando. Muito embora isso já houvesse sido esclarecido pela pesquisadora no momento em que os professores foram convidados a participar, como também no momento em que seus PTDs foram solicitados, julgou-se interessante nele deixar registrado os propósitos da pesquisa.

O texto inicial também deixava claro a necessidade da concessão de uma entrevista por parte deles em uma terceira etapa da pesquisa.

O questionário foi dividido em 4 blocos, descritos a seguir:

- O primeiro estava relacionado a alguns dados pessoais dos participantes;
- O segundo estava direcionado ao envolvimento do professor na escola. Isto é, as questões referiam-se à carga horária do professor na escola, em quais séries concentravam-se as suas aulas e o tempo de atuação no magistério.
- O terceiro bloco tinha como objetivo conhecer um pouco sobre a formação acadêmica do professor e curso(s) de graduação e pós-graduação que eles realizaram. E ainda, como e quando eles tiveram contato com a Física Moderna durante a formação.
- Enfim, o último bloco estava direcionado à presença ou não de alguns conteúdos de FMC no PTD.

#### 4.3.3 As Entrevistas

A realização das entrevistas apoiou-se num roteiro semi-estruturado<sup>7</sup>. A aplicação desse instrumento contou com um estudo piloto, com a intenção de testar o instrumento, como também promover um pouco de intimidade entre a dinâmica de uma entrevista e a pesquisadora. Esse estudo piloto evidenciou alguns aspectos que possibilitaram uma reestruturação do roteiro, disponível, já reformulado, no Apêndice 2.

As questões elaboradas para conduzir a entrevista foram pensadas de uma maneira que o início da conversa desse liberdade aos professores entrevistados para falar o que quisessem acerca da sua trajetória profissional mesmo antes de se dedicar ao magistério, se esse fosse o caso, e também sobre a sua formação inicial e eventuais cursos que houvessem feito.

Na continuidade foi perguntado aos sujeitos sobre suas percepções em relação ao seu trabalho, a escola em que atuam e sobre seus alunos, com a intenção de melhor caracterizar o sujeito pesquisado.

---

<sup>7</sup> Apesar de aparentemente o roteiro de entrevista contar com questões pré-elaboradas e com uma sequência pré-determinada, trabalha-se com a ideia de roteiro semi-estruturado, uma vez que o roteiro tinha como objetivo dar um norte para a entrevista, mas não necessariamente uma situação de pergunta e resposta. Assim, as entrevistas foram conduzidas como uma conversa entre entrevistadora e sujeito pesquisado. Um exemplo disso é que algumas questões foram desconsideradas durante a entrevista, pois em algumas situações foram entendidas pela entrevistadora como já respondida pelo sujeito pesquisado.

As questões seguintes ganham um foco para o trabalho do professor na sala de aula, envolvendo a leitura que os professores fazem da receptividade dos estudantes em relação à disciplina de Física; aos conteúdos previstos para serem ensinados no Ensino Médio; sobre os conteúdos selecionados por eles e que foram registrados em seus Planos de Trabalho Docente; a preparação das aulas e as estratégias de ensino, todos esses pontos voltados em especial para o ensino dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.

Para finalizar, a entrevista tinha também a intenção de perceber, a partir da fala dos professores, o interesse ou não dos alunos por conteúdos atuais, bem como as dificuldades e aproveitamento de aprendizagem desses conteúdos e o papel dos mesmos na formação dos estudantes do Ensino Médio.

As entrevistas, que foram gravadas com a autorização dos participantes, foram realizadas em um ambiente reservado, contando apenas com a presença da entrevistadora e do professor participante. Apesar da entrevista contar com um roteiro semi-estruturado foi dada a liberdade para os professores falarem o que quisessem e além disso, foi dito a eles que ficassem à vontade para responderem apenas as questões que eventualmente não lhes causasse desconforto, o que, no entanto não aconteceu.

Um fato importante a ser destacado é que a análise dos PTDs, bem como os dados obtidos por meio do questionário permitiram desenvolver as entrevistas conhecendo um pouco de cada um dos professores, facilitando a conversa e dando fôlego em algumas situações.

As entrevistas tiveram duração em média 30 minutos, com exceção de uma delas que durou 73 minutos. Elas foram transcritas e analisadas, e constituem-se no principal instrumento desta investigação.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa entende-se como importante contextualizar os sujeitos participantes, sua formação, opção pela profissão e pela disciplina que ensinam. Essa contextualização foi organizada com base nos dados do questionário e nos depoimentos das entrevistas.

Com a intenção de preservar a identidade dos professores colaboradores dessa pesquisa, seus nomes foram substituídos por: P1, P2, P3, P4, que não estabelecem nenhuma relação com seus nomes reais. Além disso, independente do sexo, todos serão tratados como professores, também com a intenção de preservar a identidade dos participantes.

#### 4.4.1 Os Professores falam sobre a formação e opção pela profissão

Antes de cursar Física o Professor P1 atuava em outra área, não relacionada a Educação. A opção pelo curso de Física veio pelo baixo índice de concorrência na relação candidato/vaga. No entanto, o envolvimento no curso e com atividades voltadas à Licenciatura fizeram com que ele concluísse o curso, como também o envolveram com a educação.

Foi um acidente de percurso que eu gostei [risos] porque eu trabalhava num consultório, queria fazer odonto e o pessoal do consultório, todo mundo foi fazer vestibular, eu “Qual que tem menos candidato por vaga? Física e Ciências Contábeis” [...] Ciências Contábeis eu não gosto. Fui fazer Física, que gostei tanto, que parei de trabalhar, para poder ir para o curso. Foi aí que eu entrei nos projetos de laboratório, lá de ensino e aprendizagem da Federal. (Professor P1)

Cursou Física na Universidade Federal do Paraná, e começou a atuar como docente somente após concluir a Licenciatura em Física. Já atuando como professor, fez um curso de Especialização em Educação Ambiental pela FACEP.

Bem, eu fiz Física pela Federal, daí fiz pós-graduação pela FACEP em Educação Ambiental, e na Federal eu trabalhei bastante no laboratório de ensino e aprendizagem. (Professor P1)

Sobre as lembranças da Graduação, especialmente em relação à presença da FMC no curso, o Professor P1 comenta: “A única coisa que eu me lembro mesmo, que foi trabalhado legal, que eu me lembro até hoje, foi o efeito fotoelétrico”. (Professor P1)

Sobre seu gosto pela profissão e conflitos, ele fala

Eu adoro lecionar, mas é muito [...] como eu vou te dizer [...] é cheio de conflitos, porque você sempre tá pensando, será que esse é o caminho certo? Será que é assim? Todo mundo faz desse outro jeito, porque eu teimo, eu vou por outro caminho, será que eu estou errado, será que estou certo, estou batendo a cabeça, é muito difícil. (Professor P1)

O professor P2 comenta que gosta de contar sua história de vida aos estudantes, pois percebe neles uma boa aceitação. Segundo ele, os alunos “começam a ver o professor com outros olhos”. Ele conta:

morava na roça, no sítio, fui alfabetizado de nove para dez anos, saí de casa para estudar, estudei num seminário, mas só que antes de ir para o seminário trabalhei na roça, no sítio mesmo, naquela coisa de caminhar cinco a oito quilômetros para ir para escola. (Professor P2)

Dando continuidade, comenta:

...trabalhei em biblioteca, meu primeiro trabalho foi de bibliotecário, trabalhando com análise de livro, classificação [...] a biblioteca tava passando por uma reformulação cadastral, para formular dentro das normas internacionais, [...] é um trabalho que eu aprendi muito [...] depois disso comecei a dar aulas, eu fazia faculdade de Filosofia e fazia aqueles testes seletivos que existiam na época para não licenciados. (Professor P2)

Inicialmente lecionou História, Matemática e Química, a última especialmente pelo fato de ter formação técnica em Química. Segundo ele, percebeu “que tinha uma predileção muito grande na área de exatas, gostava muito, não era só Química e Física, eu dava aula de Matemática”. (Professor P2)

Ele fez uma primeira graduação em Filosofia e depois cursou Licenciatura em Física

o segundo vestibular foi o de Física, isso 4 anos depois, passei também, não foi em primeiro lugar, mas foi lá em nono lugar, mas foi muito bom, aí comecei a faculdade de Física em Londrina [...]. Aí eu voltei a fazer teste seletivo, já tava fazendo faculdade de Física, aí só dava aulas de Física, e estava fazendo faculdade de Física, assim foi até o término da minha graduação em 2002, porque aí eu dava aula de manhã e noite, a graduação era à noite, eu tinha que optar entre dar aula e ir para faculdade. Quais são as matérias que eu tenho segunda e terça, porque eu fazia algumas matérias num ano, outras no outro ano, e assim foi, teve matéria que eu fiz duas vezes, teve matéria que eu fiz três, mas assim, foi uma graduação bastante complicada, minha graduação, mas nem por isso menos proveitosa. (Professor P2)

Durante a graduação, morou na Casa do Estudante e no início do curso antes de começar a lecionar novamente, trabalhou em uma casa paroquial, na qual fazia um trabalho financeiro.

Em relação às recordações do curso de graduação, ao ser questionado sobre a presença de FMC, ele comenta

lembro, lembro. Um dos mais marcantes pra mim foi a história da ciência, e que começou com a questão do Benjamin Franklin, para-raio, que nem é de Física Moderna, mas quando se faz o crescimento disso até entender direitinho o que é próton, o elétron, as partículas, como que as pessoas tinham ideia de matéria até hoje, que lá era chamado de mundo da matéria e hoje é chamado de mundo das partículas, e aí isso é uma coisa bem marcante pra mim na literatura [...]. (Professor P2)

Ah! Tinha uma, é que na verdade era a mesma professora, que no primeiro ano deu História da Ciência, e depois deu Física Moderna, que as coisas depois terminam se fundindo. Como ela sabia que depois iria dar Física Moderna, então na História da Ciência ela já puxava o conteúdo que nós iríamos ver em Física Moderna, por isso que tem toda a História da Ciência, que termina em Física Moderna. (Professor P2)

O Professor P2 afirma que sua decisão pela carreira de professor antecede, inclusive, a escolha por um curso de Licenciatura,

acho que começou no seminário quando eu dava aulas para meus colegas, aquela coisa, eu era professor sem saber [...] eram 16 disciplinas, 45 aulas por semana, ou você estuda ou estuda, não tinha muita opção, e alguns tinham mais facilidades, outros nem tanto. Uma das dificuldades que eu tenho do aprendizado é a questão da História, da Língua Portuguesa. Ainda é bastante grande, e aí nessas áreas eu recebi ajuda, mas na Matemática, Química, Desenho e outras áreas eu auxiliava os colegas. (Professor P2)

Dessa forma, o Professor P2 diz que a opção por ser professor foi surgindo naturalmente e acrescenta que alguns colegas do seminário preferiam as explicações dele do que dos professores do seminário. Ao final da fala, o Professor P2 faz uma análise de sua trajetória e fala com orgulho

[...] terminei a graduação em 2002, e em 2003 fiz concursos, eu prestei, passei, depois outro concurso, prestei, passei, então não teve assim muitos problemas nessa minha caminhada, até chegar hoje com dois padrões na Rede Estadual. (Professor P2)

O Professor P3 cursou inicialmente Engenharia Civil na Universidade Estadual de Londrina (UEL). A convite de um professor da UEL iniciou concomitantemente o Bacharelado em Física. Ao concluir os dois cursos, iniciou mestrado em Física Teórica - sistemas não lineares.

Bom, no que cheguei lá vi que não entendia nada e desisti, foi em 92, aí voltei para Londrina. E em 93 comecei a dar aulas, então meu objetivo inicial não era ser professor, foi a decepção do mestrado que me levou à carreira de professor, comecei dando aulas de Matemática, durante uns dois anos, depois comecei a dar aulas de Física, sempre. Acho que faz uns 20 anos, 93 é 17, 18 anos, sempre trabalhei no método tradicional de aula, e aí acho que foi em 2000 que a Secretaria exigia que os professores tivessem licenciatura, aí eu fui fazer licenciatura. (Professor P3)

Sobre os reflexos que o curso de Licenciatura trouxe para seu trabalho em sala de aula, o professor afirma

... é, aí na Licenciatura eu me deparei com Psicologia da Educação [...] aí experimentação no ensino, aí que eu falei é isso que vou fazer, é isso que eu gosto mesmo, larguei muito o formalismo matemático nas aulas e minhas aulas são basicamente experimentais, com Matemática, lógico, mas eu quero mais mostrar para o aluno o fenômeno [...]. (Professor P3)

Sobre a FMC na graduação

Na Licenciatura? Eu já tinha feito todas no Bacharelado, então teve mais discussões históricas sobre Física Moderna. (Professor P3)

Que traz a evolução das ideias? (Entrevistadora)

Em relação aos conceitos da Física, acho que era isso. (Professor P3)

Mas tinha alguma disciplina específica de Física Moderna na Licenciatura ou só aquela do Bacharelado? (Entrevistadora)

Que eu me lembre eu não fiz nenhuma. (Professor P3)

A partir do dizer do Professor P3 fica evidente que ele não se recorda de nenhum tratamento de FMC na graduação ligado especificamente a Licenciatura.

Ele afirma que o gosto pela profissão despertou com a Licenciatura “No começo foi questão de sobrevivência, mas o amor pela profissão veio com a Licenciatura”. (Professor P3)

E sobre o seu trabalho, apesar de gostar da profissão, diz que na escola e na profissão tem muita coisa que não concorda “eu gosto muito do meu trabalho, né, e tento sempre ver o lado bom das coisas, tem muita coisa que não está certa, mas se você olhar o lado bom você consegue”. (Professor P3)

Em relação aos conteúdos que ensina e as aulas que ministra, comenta:

eu quero que fique um pouco para a vida inteira, também quero formar sinapses duradouras, sempre com, eu uso muito humor também nas aulas, junto com experimento, sei que não é legal professor ser um professor show, mas eu procuro fazer isso, fazer com que a Física seja divertida. (Professor P3)

Na visão do Professor é entusiasmador chegar na sala de aula e os alunos manifestarem “Opa, aula de Física!”, ou aquela conversa no corredor “Não vai ter aula hoje professor?”.

O Professor P4 cursou Magistério juntamente com o curso de Ensino Médio. Graduou-se em Física e fez mestrado em Educação Científica e Tecnológica.

Eu fiz graduação em Licenciatura em Física. Durante a própria graduação talvez tenha sido, eu acredito hoje um defeito, um ponto negativo, eu já poderia ter iniciado em sala de aula [...].

Logo acabei passando no mestrado na UFSC e acabei fazendo. Lá sim, eu tive um contato maior com a sala de aula, no colégio de aplicação da UFSC, diretamente com a minha orientadora na época, e ela trabalhava, era pesquisadora e doutora e integrante do grupo lá de Ensino de Física, e atuava em sala de aula do Ensino Médio [...].

Mas, como professor efetivamente em sala de aula foi só em 2007, no segundo semestre inclusive [...]. (Professor P4)

Sobre a presença de FMC na graduação, comenta que lembra de Estrutura da Matéria. Mas chama a atenção que sua primeira recordação é sobre a dificuldade que essa disciplina representou, por seu elevado índice de reprovação.

Lembro, a disciplina de Estrutura da Matéria. Essa disciplina acho que era uma das mais difíceis, que tinha um alto índice de reprovação, inclusive o professor adotou um livro que era em inglês, a gente acabou xerocando, apesar que tinha outros livros na biblioteca, Física Quântica do Eisberg. E, Laboratório de Física Moderna no último ano, então algumas demonstrações de alguns fenômenos, difração entre outros, a gente acabou fazendo essa prática de laboratório. (Professor P4)

Na fala do Professor P4 fica evidente que o contato mais efetivo com a sala de aula aconteceu no mestrado, o que para ele é visto como um ponto negativo. Em relação à opção por se professor, ele diz ter grande influência da mãe.

Essa acho que devo mais à minha mãe, ela não conseguiu se realizar como professora e concluir a trajetória dela, ela sempre me indicava; “ah, mas professora é bom, tem tantos meses de férias”. Acho que foi uma compensação dela. Então pensando nessa área do magistério, tem poucos professores na área de Física, então acho que vou tentar Física, aí fiz, passei e acabei concluindo.

#### 4.4.2 Os professores falam sobre a disciplina que ensinam

O Professor P2 refere-se à disciplina mencionando a sua relação com o cotidiano

Eu acho que é uma das disciplinas que faz com que as pessoas entendam o mundo em que vivem, e as pessoas falam assim, eu não gosto de Física, eu não entendo Física, então ela não sabe o que ela tá fazendo aqui no mundo [...] se eu entendo pelo menos um pouquinho das coisas físicas [...] eu não conheço o entorno do cotidiano do seu dia-a-dia. (Professor P2)



## Da mesma forma o Professor P4

Eu penso que ela é ótima, a gente que se formou, a gente gosta, se apaixonou, porque a gente quer que eles tenham um nível de entendimento maior sobre o mundo que eles têm. É isso o básico, a gente nasce, a gente observa as coisas, e a gente tem uma necessidade tanto como uma necessidade fisiológica, entender um pouco como as coisas ao nosso redor acontecem, e elas acontecem obedecendo certas leis que foram identificadas, foram estudadas e desenvolvidas. E hoje em dia, é extremamente necessário eles terem essa noção de conhecimento, talvez eles acabam durante o próprio Ensino Médio, talvez a ficha não caia ainda, de repente cai, lá pelo quase final do terceiro ano, mas que acredito que uma hora ou outra eles vão sentir necessidade. (Professor P4 – grifo adicionado)

Porém, dá a impressão que o Professor P4 coloca que a natureza obedece as leis estabelecidas pela Física, e não o contrário, a Física buscando modelo, formulando teorias e até mesmo leis na tentativa de compreender a natureza.

O Professor P3 sente dificuldade para falar da disciplina que ensina, afirmando “Eu penso tanta coisa que fica difícil falar”. E continua “Como professor de Física pra mim é meu ganha pão e minha diversão”

O Professor P1, assim como os Professores P2 e P4, procura fazer a relação da disciplina com o cotidiano, mas vai além ao falar do objetivo da ciência, bem como fica claro sua preocupação em mostrar aos seus alunos um pouco da natureza da ciência, do que é fazer ciência. Nas suas palavras

Para mim, ela para mim é aquilo que eu falo para os alunos, é como qualquer outra ciência que tem os pontos fracos e fortes, mas que a única coisa que ela quer descobrir é de onde a gente veio e para onde a gente vai, toda essa maluquice que tá aí, é para isso. (Professor P1)

Física também não é fazer eles decorarem fórmulas. É entender como que é que o pensamento científico em síntese, como que é fazer ciência, [...]. E além, dele [o estudante] entender o mundinho dele. Então, esses são os dois principais objetivos, ele entender o que é fazer ciência, e compreender a parte que a Física dá conta desse mundinho dele. (Professor P1)

De uma maneira geral, os depoimentos dos professores se aproximam e trazem argumentos como os presentes no PCN's +

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, 2002, p.59 – grifo adicionado)

É possível identificar nos depoimentos dos professores uma preocupação acentuada da relação da ciência com o cotidiano, com a natureza, mas também com a tecnologia presente na sociedade atual. O que é muito coerente, uma vez que

Ela [a Física] tanto fornece instrumentos conceituais de caráter utilitário, operacional, para a vivência cotidiana, como igualmente propicia princípios gerais sobre os quais se baseiam as explicações dos fenômenos do mundo natural e do mundo tecnológico. (TERRAZZAN, 1994, p. 37)

Segundo esse autor, isso é o que habilita a Física a fazer parte dos currículos escolares do Ensino Médio. E, “além disso, nos dois domínios citados revela-se como fundamental a contribuição dos conceitos e modelos próprios da física moderna e contemporânea.” (TERRAZZAN, 1994, p. 37).

Ele ainda pondera que entende que a contribuição da Física enquanto disciplina é completa a partir do momento que conteúdos relativos a FMC são considerados no Ensino Médio, o que também ficou perceptível na fala dos professores sujeitos da pesquisa.

#### 4.4.3 Algumas considerações sobre a formação e atuação profissional dos sujeitos pesquisados

Os quatro professores sujeitos da pesquisa possuem Licenciatura em Física, formados por instituições públicas. Apenas o professor P3 cursou Bacharelado em Física, antes de fazer a Licenciatura.

Três professores pertencem ao Quadro Próprio do Magistério Estadual - QPM, ou seja, são professores concursados pelo Estado do Paraná. Lecionam há mais de 5 anos e concentram suas aulas em terceiros anos do Ensino Médio, sendo que um deles leciona apenas para terceira série. O quarto professor é contratado (Regime PSS), lecionando há menos de 5 anos, com aulas nas 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> séries, porém já lecionou para 3<sup>a</sup> série. Os quatro professores lecionam apenas Física e não estão envolvidos com outra função na escola, como por exemplo, direção.

Essas informações estão resumidas no Quadro 1.

<b>Professor</b>	<b>Formação inicial</b>	<b>Vínculo empregatício</b>	<b>Tempo que leciona</b>	<b>Série com o maior nº de aulas</b>	<b>Aulas na série com maior nº de aulas</b>
Professor P1	Física-Licenciatura	QPM	Entre 5 e 10 anos	3 <sup>a</sup>	20
Professor P2	Física-Licenciatura	QPM	Entre 10 e 15 anos	3 <sup>a</sup>	16
Professor P3	Física - Licenciatura e Bacharelado	QPM	Mais que 15 anos	3 <sup>a</sup>	16
Professor P4	Física – Licenciatura	PSS	Menos que 5 anos	1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup>	4

QUADRO 1: formação, vínculo empregatício, tempo de atuação e dedicação a série do EM com maior número de aulas de cada professor participante da pesquisa.

Anteriormente, destacamos trechos dos depoimentos dos professores sobre a formação em FMC na graduação especialmente ligado ao curso de Licenciatura. Essa mesma questão constava no questionário previamente respondido pelos professores. Como resposta ao questionário, todos afirmam ter tido FMC na graduação, e conforme solicitado, o nome da disciplina ou curso em que isso ocorreu, tecendo inclusive comentários a respeito. As respostas dos Professores estão organizadas no Quadro 2.

<b>Professor</b>	<b>Disciplinas e comentários</b>
Professor P1	Laboratório Especial, apesar de utilizarmos roteiros para os experimentos foi onde de maneira conceitual nos foi apresentado grande número de conteúdos relacionados à Física Moderna. Ainda nas disciplinas de Mecânica Quântica e Estrutura da Matéria, de maneira matematizada, vimos como o próprio nome diz, quântica, efeito fotoelétrico e partículas elementares, na estrutura da matéria.
Professor P2	O nome da disciplina é FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA. Quanto ao enfoque eu posso dizer que foi em direção à história da ciência, pois a professora em questão tem esta formação. Muitos cálculos que eu realmente nunca usei. Porém, os conceitos eu uso até hoje. Eu estudo até hoje, pois sei que a formação não foi a desejável. Por ambas as partes, é claro. Eu, particularmente, fiz a disciplina mais de uma vez. A primeira eu desisti, pois estava dando aula e o horário não batia. A segunda eu reprovei, assim como a maioria da turma, e só então conclui a disciplina.
Professor P3	Estrutura da Matéria I E II: Enfoque experimental Mecânica Quântica I E II: Enfoque Teórico – Livro do Sakurai Física Nuclear. Física do Estado Sólido Relatividade Restrita: Livro do Ugarov Relatividade Geral. Sistemas Dinâmicos e Física Não Linear (Iniciação Científica)

<b><i>Professor</i></b>	<b><i>Disciplinas e comentários</i></b>
Professor P4	<p>Estrutura da matéria (136h): Uma das disciplinas com maior índice de reprovação na época. O livro adotado pelo professor era em inglês. O modo de ministrar as aulas era tradicional, não significa que seja inválido, apenas caracterizado pela clássica aula, quadro e giz, seguindo a sequência exata do livro, com anotações no quadro do que estava nas páginas do livro. Acredito que algumas aulas poderiam, principalmente as iniciais, terem sido desenvolvidas de modo a levar os alunos a perceber o quanto a física quântica nos tira do senso comum. Enfim, desestabilizar ideias arraigadas para então apresentar o conteúdo em si.</p> <p>Laboratório de Física Moderna (136h): demonstrações e práticas de alguns dos fenômenos da Física moderna.</p>

QUADRO 2: Conteúdos de FMC que os professores tiveram contato na sua formação.

Embora o relato e as memórias de cada um dos professores sejam diferentes, o que não poderia ser de outra maneira, podemos afirmar que todos tiveram contato com conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea na sua formação inicial.

Ao analisarmos o Quadro 2 é possível perceber que apenas o Professor P3, que, coincidentemente é o que cursou bacharelado, teve contato com conhecimentos de Relatividade na Graduação, os demais professores citam apenas conteúdos relacionados à Física Quântica.

## **CAPÍTULO 5 - OS RESULTADOS E SUAS ANÁLISES**

Os dados obtidos através dos Planos de Trabalho Docente, dos questionários e das entrevistas foram analisados tomando como referência um conjunto de categorias que tiveram como objetivo olhar para a escola, em especial para os professores de Física, de forma mais geral, articulada e contextualizada.

As categorias foram estabelecidas a partir do referencial teórico, bem como da análise feita dos trabalhos que trazem propostas de ensino de FMC no capítulo 3 desta dissertação. São elas:

- **A cobrança pela Física Moderna e Contemporânea na sala de aula**

Os documentos oficiais (LDB 9.394/96 – e os documentos dela decorrentes) indicam a necessidade de atualização curricular, não só da Física, mas das ciências de uma maneira geral. Pretende-se entender se de alguma maneira isso reflete na inserção de conteúdos de FMC nos planejamentos dos professores de Física do EM.

- **A responsabilidade pela constituição do conhecimento escolar.**

Admitindo o professor como autor, mesmo que de forma relativa, do conhecimento que ensina na sala de aula, pretende-se verificar se os próprios professores se vêem nesse papel.

- **As dificuldades encontradas pelos professores pela inserção de Física Moderna e Contemporânea.**

Busca-se identificar quais as principais dificuldades presentes no dia a dia da escola para uma renovação curricular no nível Médio.

- **A concepção do professor sobre inserção de Física Moderna e Contemporânea.**

A partir das três vertentes identificadas por Terrazzan (1994) quanto à inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e apoiando-se nos trabalhos de Daniel Gil e Jordi Solbes; Helmut Fishler e Michael Lichtfeldt e Arnold Arons, citados por aquele autor, pretende-se identificar de qual delas a concepção

dos sujeitos dessa pesquisa se aproxima, pois isso dará uma percepção do quanto as pesquisas em Ensino de Física, de alguma forma, tem reflexo ou não na sala de aula.

#### ● **A Física Moderna e Contemporânea como conhecimento escolar**

Ao considerar que o conhecimento escolar tem referências no saber acadêmico, mas que não é o próprio saber acadêmico e que além disso o saber ensinado se diferencia do saber a ensinar, a intenção é compreender como os professores organizam o trabalho pedagógico, trabalhando no que Chevallard (1991) denomina de transposição didática interna.

#### ● **A relação dos estudantes com os conceitos de Física Moderna e Contemporânea**

Pretende identificar como se dá, na opinião dos professores, o contato dos estudantes com a FMC, em relação ao interesse e a aprendizagem desses conteúdos.

#### ● **A Física Moderna e Contemporânea na formação dos estudantes**

Ao considerar que alguns conceitos da FMC fazem parte do planejamento dos professores sujeitos desta pesquisa, pretende-se perceber a importância ou não que estes professores atribuem a estes conteúdos para a formação dos estudantes do EM, e de que forma, na visão deles, estes conteúdos podem contribuir.

### 5.1 A COBRANÇA PELA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA SALA DE AULA

A LDB 9394/96 e os demais documentos oficiais (DCNEM, PCNEM, PCNEM +) apontam para a necessidade de uma atualização curricular, a qual se daria a partir da inserção de conteúdos de FMC no Ensino Médio. As pesquisas em Ensino de Física, mesmo antes da LDB, ao discutir essas questões que envolvem a renovação do currículo de Física no Ensino Médio, apontam no mesmo sentido.

Assim, ao considerar tanto as pesquisas no Ensino de Física quanto os documentos citados anteriormente, buscou-se entender se, de alguma forma, os

professores sentem-se pressionados, ou pela legislação ou pela escola, ou por outro fator, para trabalhar com conteúdos atuais em suas aulas de Física. Dessa forma, ao serem perguntados sobre o que os leva a trabalhar com Física Moderna e /ou Contemporânea na sala de aula, os professores responderam:

Eu acho que primeiramente é uma questão de interesse pessoal mesmo, eu sempre tive curiosidade sobre isso, saber até que ponto ela é [...]. Na época eu fiz uma pergunta assim para o professor e ele não soube responder, porque também não era a formação dele, era Matemática. É, então isso já era uma curiosidade minha há tempos, então eu acredito que isso faz parte do cotidiano deles, dos alunos e é importante eles terem noção de quanto pode ser maléfica e benéfica também, tem os dois lados da moeda. Então, e depois de tudo em que eu... e as pesquisas em Ensino de Física indicam para a gente tratar e abordar esses assuntos. (Professor P4)

A partir da fala do Professor P4 é possível entender que são dois motivos que o incentivam a levar a FMC para suas aulas: um deles suas recordações enquanto estudante de Ensino Médio em relação às suas dúvidas e questionamentos feitos ao professor e o outro, o conhecimento sobre as pesquisas de Ensino de Física na área de atualização curricular.

O Professor P1 menciona a intenção das Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica - Física, em trazer conteúdos atuais para os currículos do Ensino Médio.

[...] lendo as DCE, porque lá nas DCE tem, não descrito lá, Física Moderna, por onde quer que chegue, isso que eu acabei de falar, sem a Física Moderna não tem sentido, você fica só no modelo da Física Clássica e o resto, cadê o outro modelo. (Professor P1)

Além das pesquisas em Ensino de Física citadas pelo Professor P4 e as Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica – Física apresentada pelo Professor P1, o Professor P3 lembra que conteúdos pertencentes à Física Moderna e Contemporânea estão cada vez mais presentes nos vestibulares. Tomemos como exemplo a fala do Professor P3

E teve um problema ano passado, também caiu uma questão no vestibular sobre isso [...] sobre a equação da energia relativística, em que o Raio X ejetava o elétron com velocidade 0,9 e tanto da velocidade da luz [...]. (Professor P3)

Então a UEL tem cobrado Física Moderna no vestibular? (Entrevistadora)

Tem, tem bastante [...] Infelizmente que, esse conteúdo foi depois do vestibular, o que eu acho, já que a Universidade é pública, espera os alunos do Ensino Público terminarem o Ensino Médio, [risos], mas tudo bem. (Professor P3)

O conteúdo que o Professor P3 se refere na fala acima é a relação massa-energia da Relatividade, que em suas aulas foi tratado depois do vestibular da UEL, uma vez que FMC, de uma maneira geral, é contemplada no último bimestre do terceiro ano, de acordo com o PTD do Professor.

Sobre esse aspecto ressaltado pelo Professor P3, a relação entre atualização curricular nas escolas públicas e a presença de Física Moderna nas provas de vestibular em Universidades Públicas, Moreira e Lima (2007) fazem uma análise dos conteúdos de Física Moderna cobrados nos processos seletivos:

Atualmente, embora se observe com frequência a discussão da questão da inserção da Física Moderna no Ensino Médio, constata-se que são poucas as escolas que colocam a Física Moderna como conceitos fundamentais na formação de seus estudantes. Por outro lado, há um maior incentivo por parte de algumas universidades públicas nacionais através de cobrança em seus vestibulares de conceitos relacionados ao conceito de Física Moderna. (MOREIRA; LIMA, 2007, p.2)

Entretanto, nesse trabalho, os autores concluem que o tema que mais aparece nos vestibulares é a Física Quântica seguida da Teoria da Relatividade Restrita:

Observa-se que Física Quântica é o conteúdo mais abordado nas seleções, demonstrando a importância que as instituições universitárias atribuem a este conteúdo que, em domínios microscópicos, substitui a Mecânica Clássica. (MOREIRA; LIMA, 2007, p.3)

Nesse estudo, que investigou o período compreendido entre 2004 a 2006, os autores indicam que no Estado do Paraná a única Universidade Pública que apresentou questões de Física Moderna no vestibular nesse período foi a Universidade Estadual de Londrina – (UEL) e que das Universidades Públicas analisadas, 60% cobraram Física Moderna em seus vestibulares.

Ao longo da entrevista, o Professor P3 deixou claro sua preocupação com o vestibular, conforme fica evidente no trecho destacado “[...] mas eu direciono para vestibular mesmo. [...] tomo cuidado de selecionar questões que tenham a ver com o que eu faço, com experimentos, as questões são todas UEM 2009, UEL 2010”.



Como consequência dessa preocupação, em suas aulas são contemplados conteúdos pertencentes a uma Física mais atual.

No entanto, independentemente se o aluno vai para a Universidade ou não, acredita-se

[...] que os conceitos básicos de teorias que envolvem tecnologias do mundo atual devem ser responsabilidade do ensino médio, de modo a permitir que o estudante, no futuro, seja capaz de compreender os fenômenos ligados a estas áreas do conhecimento independente da opção de cursar ou não a universidade. (MOREIRA; LIMA, 2007, p.2)

Embora a preocupação com vestibular ganhe destaque na fala do Professor P3, acredita-se que o mesmo compartilhe, pelo menos em parte, com essas ideias, uma vez que ele menciona que espera que a Física ensinada no Ensino Médio fique para a vida inteira do estudante e que as tecnologias façam parte das aulas de Física.

Ao fazer uma análise dos depoimentos dos professores aqui apresentados, percebe-se que, de alguma maneira, os professores se sentem pressionados, ou poderia ser dito, preocupados, com a inserção de conteúdos atuais em suas aulas. Essa preocupação se manifesta diferentemente para cada um deles, seja pelo conhecimento das pesquisas em Ensino de Física que há muito indicam para uma atualização curricular, pelo documento norteador para o currículo no Estado do Paraná – Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica, ou pela pressão das provas de vestibular.

Entende-se que esses pontos por si só formam um bom conjunto de justificativas para uma atualização curricular, com o foco, claro, na formação do estudante, independente do caminho por ele escolhido.

## 5.2 A RESPONSABILIDADE PELA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR

Entendendo o professor como participante no processo da constituição do conhecimento ou saber que ensina nas suas aulas, a escola, além de selecionar da cultura os temas e assuntos que serão ensinados, precisa deixá-los transmissíveis aos estudantes. Um dos responsáveis por essa transposição didática interna é o professor, em suas atividades docentes. Pensando nisso foi perguntado aos

professores se eles se vêem responsáveis pela constituição do conhecimento que ensinam na sala de aula.

O Professor P2, primeiramente teve um entendimento de que a pergunta referia-se à produção de textos e materiais didáticos (no âmbito da noosfera), mas, após ser-lhe explicado que era em relação à organização de suas aulas e acerca do conhecimento que ensina efetivamente em suas classes, comentou:

Ah sim. Não quanto a isso, o professor na sua preparação da aula, porque você vai preparar aula para aquela turma, aquele colégio, aquela realidade, vou dar uma aula para ensino de supletivo, as pessoas que estão ali fazem muito tempo que estão fora da sala de aula, [...] estão em contato com tecnologia que aqui está, então o vocabulário, o jeito que vai tratar daquele assunto mesmo que seja um assunto do mundo de partículas, ou da bateria de celular, você vai trabalhar de um jeito com aquelas pessoas. Enquanto que os alunos estão se preparando para entrar no vestibular, para entrar numa faculdade de engenharia, por exemplo, ou de elétrica, você não vai falar do mesmo jeito, então o professor tem o vocabulário, com certeza fazer esse tratamento é responsabilidade do professor, isso sem dúvida. (Professor P2)

A fala do Professor P2 permite perceber a inserção das práticas sociais de referência sugeridas por Astolfi e Develay (2008), ou seja, outros conhecimentos são inseridos na constituição do conhecimento escolar e não apenas o saber acadêmico. Ele não elabora sua aula com base apenas no saber acadêmico, mas sim a partir de sua experiência e do interesse dos seus alunos, inclusive respeitando quem são os sujeitos participantes de suas aulas.

Como exemplo, cita o aluno que vai cursar engenharia, e que eventualmente pode apresentar para esse público questões e conhecimentos que envolvam engenharia, diferentemente de quando se trata de educação de jovens e adultos, que exige um tratamento diferenciado do conteúdo, bem como de encaminhamentos e linguagem.

O professor P1, por sua vez, também não vê claramente essa criação da epistemologia escolar. A sua preocupação está mais voltada para a seleção de conteúdos, mas há alguns indícios sobre a transposição didática interna:

Sim, no Estado isso é muito mais, na escola pública, isso é muito mais presente, que é uma escolha do professor, do que na particular [...] porque eu já trabalhei nos dois, tanto que eu abandonei a escola particular porque eu não tenho a Física do rodo, para seguir apostilinha de cabo a rabo. (Professor P1)

Isto é, o Professor P1 gosta da possibilidade de criação na sala de aula, não é de seu interesse e nem de sua prática o acompanhamento do livro didático, ou dito de outra forma, suas aulas não são um retrato fiel do livro didático, o que também é observado em outros momentos em sua fala.

Em relação à mesma questão o Professor P3 afirma:

Sim, totalmente, eu me preocupo muito, eu acho que demais até. Deveria dar mais atenção para minha mulher. Às vezes eu fico até 4 h da manhã, para levar no outro dia, experimento, para levar 7 da manhã. Ou às vezes fico assistindo algumas aulas [...] para ver o que o cara fala. Será que não dá para pegar algumas coisas ali. E aí já é também 2 ou 3 horas da manhã. (Professor P3)

Nesse mesmo sentido, é interessante retomar uma fala do Professor P2:

... mas é esse o processo. É cada conceito que você for trabalhar, se você está se lançando numa nova modalidade, não estou dizendo que aquilo vai dar certo, às vezes tem que fazer 5, 10, 15 vezes, tentativas, e deixar claro que você está fazendo uma tentativa, pode dar certo ou não. E fazer com um olhar mais crítico da sua própria aula, o quanto eu me preparei para essa, o quanto eu me dediquei nessa aula, o quanto que a turma em si deu credibilidade para que eu trabalhasse esse conceito [...] em uma aula de 45 minutos, tirando a entrada, a chamada, sobrou meia hora, dessa meia hora o quanto que eu consegui efetivamente trabalhar, às vezes tem que parar a aula pra ficar chamando a atenção e às vezes sobram 5 minutos daquele conceito. Então, todo um olhar que você tem, que depois da aula, parar, refletir e tomar uma decisão do que você faz, retomar. E tem alguns conceitos que eles só vão ouvir ali, e esporadicamente num filme de ficção científica quando tiver prestando atenção, se não eles vão continuar acreditando que na guerra nas estrelas tem explosões no espaço, e aquela barulheira toda [...]. (Professor P2)

Decorrente da leitura do material analisado (PTD e questionário), e dos depoimentos fornecidos pelos professores, foi possível entender os professores sujeitos dessa pesquisa como profissionais com capacidade de criação e produção de um conhecimento com características próprias, como se a aula dada pelo Professor P1, por exemplo, e aquele conhecimento que foi ensinado, a ele pertencessem. Por mais que todos os passos da aula fossem passados para outro professor, ela jamais seria a mesma. Além disso, desde o início admitiu-se o papel do professor na constituição do conhecimento que ensina, sendo a escola, conforme afirma Lopes (1999), um lugar de produção e re-produção do conhecimento.

### 5.3 AS DIFICULDADES ENCONTRADAS PELOS PROFESSORES NO TRABALHO COM A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

De uma maneira geral, os professores sentem o peso da tradição curricular. Isto é, conteúdos são ensinados no Ensino Médio há décadas e a única justificativa é a tradição, conforme coloca Terrazzan (1994), o que é perfeitamente identificado na fala dos professores.

O Professor P2, por exemplo, que trabalha em duas escolas, afirma que em uma delas a inovação é mais fácil e possível. No entanto, em uma segunda escola há uma tradição curricular implantada, e a preocupação de alguns professores que já estão há muito tempo na escola (15 e até 20 anos) com os conteúdos tradicionalmente ensinados, em manter as coisas da maneira como estão, é grande.

Uma tradição que digamos assim, é muito complicado romper a evolução. Então não é porque eu não quero dar, são normas já estabelecidas na escola, e você trabalha no primeiro bimestre, isso, isso e isso, mas o restante? Não, somente isso, os alunos sabendo isso, está ótimo. Não, mas e as outras coisas? A gente volta na discussão quando é para fazer o planejamento junto, não? Só trabalhe isso aí, porque assim os alunos não vão encher muito o saco, não vão ficar pegando muito no teu pé. (Professor P2)

Diante deste cenário, ele relata como tem procedido na escola cuja tradição fala mais alto:

... eu estou fazendo um trabalho meio de formiguinha, convencer a diretora e a equipe pedagógica para que no outro ano, a direção e a equipe pedagógica façam a mobilização dos outros professores [...]. Mas isso, sendo bastante otimista, estou esperando que daqui a três anos surjam pequenas mudanças, então não estou a fim de revolucionar [...]. Então, a questão que você me perguntou, depende da escola, então, é claro, que nessa escola que é bastante tradicional, que é bastante enraizado, porque acha que daquele jeito está funcionando. (Professor P2)

A mesma situação colocada pelo Professor P2 ganha espaço na fala do Professor P4

[...] a gente tem muitas variáveis em questão, e principalmente para quem chega em uma instituição, como o meu caso, você se sente um pouco inseguro em de repente remodelar o plano de ensino que estava decorrente, tem que ver com outros professores como é o andamento deles, e a gente acaba às vezes seguindo mais o como que estava no colégio, com os professores que estão há mais tempo no colégio. De repente não dá para a gente modificar tanto ou moldar como a gente queria. Então a gente vai andando conforme a música. (Professor P4)

Desta forma, a inovação curricular se torna na escola mais um entre vários entraves na dinâmica da escola e da sala de aula. O professor que entende a necessidade de uma inovação curricular precisa travar um embate com seus colegas da mesma disciplina para ajustes da proposta pedagógica curricular da escola.

Outro ponto, diretamente conectado com a elaboração da proposta pedagógica curricular, e que não pode ser desconsiderado, é a extensão de conteúdos previstos para serem ensinados no Ensino Médio. Esse ponto é ressaltado pelo Professor P1

E, normalmente o que eu vejo, é que os professores têm aquela aflição de “vamos vencer o conteúdo”, então eles elencam, pegam o livro, e elencam todos aqueles conteúdos de cabo a rabo, e tentam dar conta de tudo. Sendo que muitas vezes não dá tempo e eles [os conteúdos] ficam assim meio que solto no ar. Então, eu preferi selecionar o que parece menos, mas que no fim vai ter, na minha opinião pelo menos, que vai ter um significado melhor e cumprir o papel. (Professor P1)

Da mesma forma que o Professor P1, o Professor P3 chama a atenção para a imensidão de conteúdos programados para o Ensino Médio “A Física Moderna é um desafio ao professor, conteúdo do terceiro ano já é imenso. Conheço muitos que chegam em geradores, não chegam nem em magnetismo”. (Professor P3)

O dilema entre quantidade e profundidade, entre “tentar” cumprir o programa previsto para o Ensino Médio ou aprofundar alguns tópicos parece incomodar um pouco os professores, especialmente na hora de selecionar tópicos de FMC para compor o programa do EM, pois fica evidente que para a seleção de alguns conteúdos, outros são automaticamente excluídos, ou de início, já na hora de elaborar o planejamento das séries no início do ano, ou pelo não comprimento do programa preestabelecido.

Em acordo com o Professor P1, num primeiro momento parece que a primeira opção é mais coerente, pois ao invés de elencar todo o programa a partir do livro didático, parece mais interessante decidir antecipadamente o que será mais importante, em acordo com a escola em que se trabalha, ou seja, garantir os conceitos básicos, teorias e princípios fundamentais que constituem a ciência Física, ao invés de começar o primeiro dia de aula com o primeiro capítulo do livro e assim sucessivamente até o capítulo que o tempo permitir.

Outro aspecto que ficou evidente nas falas dos professores foi a dificuldade em encontrar material para utilização em sala de aula. Tomemos como exemplo as falas dos Professores P2 e P3, respectivamente “não encontra com facilidade, para trabalhar, porque o material de Física Moderna é sempre um material mais para o Ensino Superior, e aí para o Ensino Médio, principalmente por causa do vocabulário, aí tem que fazer adaptação [...]”. (Professor P2). “O duro é transpor. Tem muito, mas o duro, é essa, é minha maior dificuldade”. (Professor P3)

Fica claro na fala dos professores que existem materiais e que eles os conhecem. No entanto, a linguagem não é acessível aos estudantes do Ensino Médio, o que exige que esses materiais, a fim de serem utilizados nesse nível de ensino passem por um processo de adaptação, algo a respeito do que Brockington e Pietrocola já haviam se manifestado:

Transpor a Teoria Quântica para a sala de aula do Ensino Médio deve ser vista como uma tarefa das mais complexas, pois de um lado têm-se as exigências epistemológicas inerentes ao campo de conhecimento produzido pela Física Moderna, muito distantes dos padrões de entendimento forjados no mundo cotidiano. (2005, p. 400)

Isso foi também verificado pelos professores participantes da pesquisa. O Professor P3, ao descrever o seu trabalho em transpor um fenômeno ímpar dentro da Mecânica Quântica, o efeito fotoelétrico, comentou: “Eu escrevo, eu escrevo [...], eu tinha copiado e colocado sobre o efeito fotoelétrico, [...] aí comecei a escrever, mas não tá ainda, não chega no ponto, sabe”. (Professor P3)

Perguntado se ele reescreve o conteúdo presente em livros para graduação para utilizar em suas aulas, ele afirma que sim. E complementa, fazendo uma crítica à maneira como os livros didáticos voltados para o Ensino Médio apresentam a FMC

A linguagem não dá, eu não posso pegar um texto [...]. E não é assim que eu trabalho também, a minha maior dificuldade é fazer experimentos. Então não existe esse material, poucos livros didáticos apresentam Física Moderna. Eu acho até que eu te mostrei uma vez um artigo que analisava os livros, e o que tinha [FMC] é o que a gente adotou, [...] mas a linguagem não tá legal, não é uma linguagem para o aluno ler, então é complicado. (Professor P3)

Em relação a essa questão sobre a variedade de materiais de FMC com foco para o Ensino Médio, o Professor P1 tem uma opinião que diverge um pouco dos demais em relação aos materiais disponíveis com uma linguagem mais acessível

para o Ensino Médio. Mas, da mesma forma que o Professor P3, faz uma leve crítica ao Livro Didático, que segundo ele, tenta apresentar a FMC da mesma forma que a Física Clássica, fazendo continhas.

Já teve bem menos, agora tá melhorando. De um tempo para cá já aumentou. Tanto a quantidade como a qualidade. O nosso livro<sup>8</sup>, que nisso daí ele tenta continha e não vai a fundo. Então eu uso só os textos paradidáticos que tem aí, vamos dizer assim. (Professor P1)

Numa consulta às Revistas da área de Ensino de Física, foi possível encontrar alguns trabalhos que analisam a presença de FMC (OSTERMANN; RICCI, 2002; 2004). Nessa perspectiva, Ostermann e Ricci (2002) fazem uma análise acerca da presença da Relatividade Restrita nos livros didáticos e destacam que em muitos deles o conteúdo não é contemplado. E ainda, naqueles que trazem a Relatividade a abordagem é insuficiente. Os autores concluem também

A análise mostrou também o quanto é longo o caminho a ser trilhado até que temas da Física do século XX sejam amplamente discutidos nos livros, tornando-os compatíveis com as novas tendências curriculares. Tendo em vista que a análise crítica de livros para o Ensino Médio ainda está em andamento no Brasil, esperamos, com este trabalho, poder contribuir com subsídios ao professor, e alertar, por um lado, da carência de tópicos de FMC nos textos (o que contraria a proposta dos PCN) e, por outro, da necessidade de um maior rigor na linguagem empregada. (OSTERMANN, F. RICCI, T. F. p169)

Desta forma, percebe-se que os professores, talvez influenciados por algumas leituras, como aparece na fala do Professor P3, fazem hoje uma análise crítica tanto do livro didático a ser adotado como daquele que já é por eles utilizado.

Na mesma direção dos Professores P1 e P3, o Professor P2, por dois momentos durante a entrevista, faz uma crítica aos livros didáticos, que trazem falhas e segundo ele o mais surpreendente é que alguns autores de livros didáticos de Física não possuem formação em Física, ou ainda, os autores não tem nenhum contato com o Ensino Médio. Interessante é que o Professor P2 diz que isso fez com que ele fosse buscar outras leituras, para além daquela do livro didático.

E, por fim, mais uma vez o Professor P3 comenta sua relação com as atividades experimentais: “Eu estou acostumado trabalhar com experimentos, então chega Física Moderna [pausa]”.

---

<sup>8</sup> Ao falar “nosso livro” o Professor P1 está se referindo ao livro adotado na escola distribuído pelo Ministério da Educação e Cultura.

E ainda “Como é que eu vou ensinar Física Quântica, sem usar o formalismo, então é muito difícil”. (Professor P3)

As dificuldades sentidas pelo Professor P3 na dinâmica da escola para trabalhar com FMC são abordadas na literatura por Pinto e Zanetic (1999), a partir de uma experiência por eles vivida em uma situação em que propuseram o ensino da Mecânica Quântica no Ensino Médio

Destacamos várias dificuldades que devem ser enfrentadas na introdução da Física Quântica no ensino médio. A primeira refere-se ao formalismo matemático inerente à descrição quântica; outra, diz respeito às novidades conceituais que se distanciam da Física Clássica; a terceira dificuldade está relacionada com o tratamento experimental dos temas quânticos. (PINTO; ZANETIC, 1999, p.8)

O Professor P3 comenta que ainda não achou a melhor estratégia para ensinar FMC, apesar de já trabalhar com conteúdos de FMC há mais ou menos 5 anos. No entanto, no final da conversa mostra algumas simulações com conteúdos de FMC e diz que talvez essa seja uma boa saída. Isto é, na sua visão, a simulação pode em algumas situações substituir as atividades experimentais.

Para além das dificuldades dos tópicos de FMC, outras questões fazem com que a atualização curricular seja lenta nas escolas. Dentre estas questões estão a tradição em que alguns professores de Física trabalham e, inovação sempre amedronta; a ideia que é preciso vencer os conteúdos clássicos, para só assim abordar outros conteúdos que não tem a mesma tradição que os primeiros no currículo; e por fim, a dificuldade em achar uma estratégia adequada, bem como uma linguagem de abordar tópicos de FMC no Ensino Médio, uma vez que ainda há carência de materiais nesse sentido, e os livros didáticos voltados para esse nível de ensino, segundo os professores sujeitos desta pesquisa, deixam a desejar.

Enfim, há de se concordar com o que coloca Terrazzan (1994) em relação ao ensino de FMC, “Ou se aceita esse desafio, ou se mantém o acesso ao conhecimento da física do nosso século restrito aos que eventualmente vierem a estudá-la no curso superior, [...]”. (TERRAZZAN, 1994, p. 45).



#### 5.4 A CONCEPÇÃO DO PROFESSOR SOBRE A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Dentre os pesquisadores de Ensino de Física, algumas vertentes foram se formando quanto à maneira que a FMC deve ser inserida no Ensino Médio, vertentes essas apontadas por Terrazzan (1994).

A primeira é referente à exploração dos modelos clássicos, em que a inserção de FMC se daria a partir dos limites da Física Clássica, conforme os trabalhos de Daniel Gil e Jordi Solbes, da Universidade de Valência, da Espanha, os quais criticam o ensino de Física Moderna e Contemporânea sem vínculos com a Física Clássica.

Para Terrazzan “O grupo de Gil defende uma apresentação da Física Moderna em bases construtivistas, respeitando de forma incisiva a evolução histórica dos conceitos físicos, como parâmetro para elaboração de uma estratégia didática.”(1994, p. 72)

É possível afirmar que no PTD do Professor P1, bem como a partir de sua fala, existem indicativos de que essa é a concepção que permeia a organização do seu trabalho, pois o mesmo afirma abordar as diferenças existentes entre a Física Clássica e a Física Moderna, em especial no tratamento da Mecânica Quântica. Isso pode ser observado no trecho abaixo, o qual foi destacado do PTD do Professor P1. Esse trecho refere-se a um PTD elaborado para um terceiro ano do Ensino Médio, o qual apresenta o modelo atômico como conteúdo, e que vem acompanhado do seguinte comentário: “Diferenciar elétron da Física Clássica da Física Moderna e motivar para o estudo da disciplina”.

Vale destacar que o conteúdo se refere ao primeiro dia de aula de uma terceira série do Ensino Médio, de um PTD de 2009. Nessa situação, o professor aponta para a Física Moderna fazendo referência à Física Clássica. Ainda, ao trazer a Física Moderna para o primeiro dia de aula do ano letivo, o professor afirma a sua intenção de motivar seus estudantes para o estudo da Física, de uma maneira geral, ao longo do ano. Ou seja, esse professor traz a ideia de que a FMC pode motivar seus alunos, o que é confirmado com a proposta de Partículas Elementares como tópico seguinte.

Dando continuidade, na classificação feita por Terrazzan (1994), a segunda vertente estaria em oposição à primeira, e estabelece que, ao inserir tópicos de FMC, não deve ser feita referência aos modelos clássicos.

As contribuições para a formação desta linha foram especialmente de Helmut Fischler e Michael Lichtfeldt, da Universidade Livre de Berlim. Esses autores afirmam que, ao fazer analogias com modelos clássicos, criam-se obstáculos de aprendizagem.

Em linhas gerais esta equipe advoga a ideia de que o uso didático de conceitos e modelos semiclássicos como referência para explicitar a formulação dos conceitos e modelos utilizados na física quântica interfere negativamente na conceituação desta última no pensamento dos estudantes. (TERRAZZAN, 1994, p. 76)

Esses autores, após análise de alguns textos e trabalhos, constroem uma proposta de ensino de Física Quântica e propõem cinco premissas para introdução desse tópico no Ensino Médio, as quais foram assim apresentadas por Terrazzan:

1. evitar referências a física clássica; 2. introduzir o estudo do efeito fotoelétrico a partir das características dos elétrons e não das dos fótons; 3. usar a interpretação estatística dos fenômenos observados evitando lançar mão de descrições dualistas; 4. introduzir a relação de incerteza de Heisenberg já nas etapas iniciais do estudo de Física Quântica; 5. e, por fim, evitar o modelo atômico de Bohr, no tratamento do átomo de Hidrogênio. (1994, p. 77)

As temáticas da sequência proposta por Fischler e Lichtfeldt são as seguintes:

1. Difração de elétrons; 2. Experimento de dupla fenda com elétrons; 3. Princípio de incerteza de Heisenberg; 4. Quantização da energia para um potencial poço-quadrado e para o átomo de Hidrogênio; 5. Experimento de Franck-Hertz e análise espectroscópica; 6. Objetos quânticos de luz: fótons; 7. Problemas de interpretação. (TERRAZZAN, 1994, p. 77)

E por fim, a terceira vertente apontada por Terrazzan (1994), é a de Arnold Arons da Universidade de Washington, EUA, a qual indica que apenas alguns tópicos devem ser selecionados para serem ensinados ao nível Médio.

Segundo ele, essa posição pode ser considerada, em certo sentido, como intermediária entre as anteriores, pois,

Para Arons, poucos conceitos/conteúdos relativos à física moderna devem ser ensinados no nível secundário. Na verdade, o possível e portanto o desejável num curso introdutório de física moderna, segundo Arons é que os alunos obtenham 'alguma percepção (insight)' sobre conceitos como:

elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica e (talvez) os primeiros aspectos qualitativos de relatividade. (TERRAZZAN, 1994, p. 79 – grifo adicionado)

A partir da posição defendida por Arons, e aqui apresentada a partir da leitura que Terrazzan (1994) faz desse autor, é possível afirmar que a organização de conteúdos feita pelo Professor P1 também, de certa forma, tem coerência com o que é defendido por Arons. Isto é, o Professor seleciona tópicos para as três séries do Ensino Médio, acrescentando conceitos de Física Moderna e contemporânea ao longo do Ensino Médio, como se pode observar na sua fala:

Hummm. Bem, eu tento em todos os anos colocar um pouquinho de Física Moderna, devagarinho. Em todos os conteúdos estruturantes, Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo, está presente pelo menos um pouquinho em cada um dos anos, porque eu percebi que eles, quanto mais você fica falando, chega uma hora que cai a ficha. (Professor P1)

A leitura e análise do PTD do Professor P2 permite entender que o seu trabalho realizado na escola está também muito mais próximo do que defende Arons, e se aproxima também do trabalho realizado pelo Professor P1, o que é evidenciado com o trecho destacado do seu PTD, no qual, ao imprimir os objetivos de ensino para tais conteúdos, traz objetivos também relacionados à Física Moderna e Contemporânea, e afirma que estes “serão trabalhados no transcorrer das aulas”. Falando a esse respeito, ele pondera:

[...] às vezes coisas de Relatividade já no primeiro ano, fazendo um paralelo com a Relatividade Newtoniana e a Relatividade de Einstein porque tudo é relativo, não depende que algumas coisas são relativas, mas as outras também são relativas, mas então tudo é relativo, fazendo trocadilho da língua, no caso. E no segundo ano, no que diz respeito ao conteúdo do segundo ano, de Termodinâmica, a partir de radiação térmica, [...] e também a parte da luz, dualidade onda partícula. Então eu não espero para colocar toda parte de Física Moderna no final do terceiro ano, lá no último bimestre [...] (Professor P2)

No entanto, da mesma forma que o Professor P1, o Professor P2, sobre um conteúdo específico – transição da Mecânica de Newton para a de Einstein – se aproxima da concepção de Gil e Solbes.

No caso do Professor P3, que leciona Física apenas a terceiras séries, encontramos semelhanças com as estratégias dos outros dois professores, uma vez que reserva parte do tempo para conceitos da Física Clássica - Eletromagnetismo, e um espaço do seu planejamento aos conteúdos de FMC, dentro dos quais

contempla os conceitos levantados por Arons, que deveriam ser introduzidos no Ensino Médio. Para deixar de forma mais clara, o Quadro 3 apresenta os conceitos apontados por Arons, e como isso aparece nos conteúdos abordados pelo Professor P3 em suas aulas.

<b><i>Conceitos indicados por Arons</i></b>	<b><i>Como os conceitos indicados por Arons são contemplados na proposta do Professor P3</i></b>
Elétrons; fótons; núcleos; estrutura atômica; aspectos qualitativos de relatividade;	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <u>Elétrons, núcleos e estrutura atômica</u> são tratados no momento em que o professor aborda: átomo do Bohr, níveis de energia, salto quântico.</li> <li>● <u>Fótons</u>: o professor aborda efeito fotoelétrico. Do ponto de vista conceitual, não há como tratar do efeito fotoelétrico sem falar em fótons.</li> <li>● <u>Aspectos qualitativos de relatividade</u> são contemplados ao abordar os seguintes tópicos: os postulados de Einstein; Dilatação do tempo; Contração do espaço; Adição de velocidades; Energia relativística.</li> </ul>

QUADRO 3: Conceitos indicados por Arons que são contemplados no PTD do Professor P3

O trecho destacado do PTD do Professor P3 se refere a um ano anterior ao da pesquisa. Em relação ao planejamento do ano corrente, o Professor P3 fala:

Mas no quarto bimestre, eu deixei, planejei uma semana<sup>9</sup> para Física Quântica, mas ainda não defini, a única coisa que está definida é uma ou duas páginas de uma apostila que preparei, mas não é, estou pensando ainda no que trabalhar, como trabalhar. Uma semana também de Relatividade, aí também não sei muito até onde posso ir, normalmente eu vou só no mais raso [...] mas eu gosto de discutir com eles. Você começa discutir, às vezes a aula passa inteira na discussão, e a aula vai por um caminho que você não tem nem ideia. (Professor P3)

Por sua vez, no seu PTD, o Professor P4 reserva um bimestre para trabalho com a Física Moderna e Contemporânea. No entanto, não está especificado quais são esses conteúdos. Durante a entrevista, ele cita que trabalhou com Radioatividade, Raio X (aplicações da Física Contemporânea) e em uma situação especial com Relatividade.

Foi possível perceber que as concepções dos professores se aproximam das de Arons, mas que para alguns conteúdos, provavelmente para aqueles que eles se sentem mais à vontade, há uma aproximação com a concepção de Gil e Solbes, em que se faz um paralelo entre a Física Clássica e a FMC, o limite da primeira e a necessidade de uma nova teoria.

<sup>9</sup> A escola Estadual em que o Professor P3 atua tem um sistema semestral, ou seja, a disciplina para cada série está concentrada em um semestre, e cada semana de aula concentra quatro aulas de Física.

Embora possa ser percebida uma aproximação de estratégias, bem como coincidências nos conteúdos selecionados pelos três professores sujeitos dessa pesquisa, encontramos em Terrazzan (1994) a postura com a qual concordamos, que é o compromisso e direito do professor escolher a melhor metodologia do seu ponto de vista, diante das opções aqui apresentadas. Para ele,

[...] a melhor postura é sem dúvida uma abertura para a adoção da metodologia mais adequada ao desenvolvimento de cada área temática, e não uma exclusividade metodológica para desenvolver todo e qualquer tópico de uma programação didática. (TERRAZZAN, 1994, p. 82)

## 5.5 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA COMO CONHECIMENTO ESCOLAR

Admitindo que há uma diferença entre o saber acadêmico e o conhecimento escolar e que nesse processo de transformação do saber, segundo Chevallard (1991), o professor trabalha na transposição didática interna do saber, mas também concordando com Astolfi e Develay (2008), que essa relação saber acadêmico/conhecimento escolar incorpora outros conhecimentos de acordo com os fluxos ascendentes e descendentes, admitimos que o conhecimento escolar não tem como única referência o saber acadêmico, mas também as práticas sociais de referência.

Tomando por base essas concepções, olhou-se para a prática do professor, especialmente para como ele organiza suas aulas, o conhecimento a ser ensinado, as estratégias e os recursos utilizados em sua aula, como contornam e superam as dificuldades apontadas anteriormente por eles mesmos, para ensinar FMC. Esse olhar foi feito especialmente pela análise dos PTDs elaborados pelos professores e pelos depoimentos concedidos por meio de entrevista.

### 5.5.1 O conhecimento a ser ensinado

Para compreender e identificar o que do corpo teórico da Física (ciência de referência para a disciplina) é considerado essencial para a constituição do conhecimento escolar, foi pedido aos professores que elencassem os conteúdos que, na opinião deles, devem fazer parte do Ensino Médio. A intenção da questão

era perceber se entre os conteúdos considerados fundamentais estariam presentes também conceitos de FMC.

Para essa questão o professor P1 respondeu:

Bem, se eu tivesse que escolher, no primeiro ano é essencial falar da conservação de energia e Leis de Newton. O resto você pode jogar no lixo porque todo o resto está aí dentro. (Professor P1)

Por quê? (Entrevistadora)

Porque, como que você vai falar de conservação de energia, a primeira que você fala é a conservação de energia mecânica. Dentro da conservação de energia mecânica tem toda aquela cinemática que o povo fica se matando, perdendo um tempão. Dentro das Leis de Newton não tem toda a quantidade de movimento? E se você for dentro das Leis de Newton, como a gente vê lá na Federal, na Mecânica Clássica, tem a conservação de energia aí também, então se pegar esses dois e trabalhar bem, é o suficiente. (Professor P1)

No segundo ano, as Leis da Termodinâmica, só. O resto tudo tá aí, inclusive o que todo mundo adora falar, o zero absoluto. Ele tá dentro das Leis da Termodinâmica. Uma das Leis da Termodinâmica, se chegar à temperatura zero kelvin ela não vale. (Professor P1)

E no terceiro ano o Eletromagnetismo, e principalmente a dualidade da luz, as equações de Maxwell e a dualidade da luz. (Professor P1)

Os Professores P2 e P3, antes de responderem à mesma questão, perguntam se seriam conteúdos referentes à FMC e lhes foi esclarecido que não necessariamente, que é geral, pode ser da Física Clássica, Moderna ou Contemporânea.

As respostas dos Professores P2 e P3, respectivamente, foram:

no 1º ano [...] conceito de energia, todo o tratamento que é dado para energia e as Leis de Newton, que dá para trabalhar as duas coisas meio junto. (Professor P2)

No 2º ano, leis térmicas, 1ª, a 2ª e a 3ª Leis da Termodinâmica, a parte da Termodinâmica e Óptica. Apesar dessas coisas é a parte elétrica, que é o tratamento, já dá para iniciar a parte de eletricidade quando você fala a parte da luz, mas se você falar a parte da luz numa parte mais térmica, [...]. (Professor P2)

Leis de Newton, conceito de campo, aí já entra tudo, já entra interação. (Professor P3)

Para o Professor P4 são conteúdos essenciais,

Olha, noções de movimento, velocidade e aceleração, força, entender força gravitacional, força peso, conceituar, diferenciar consequentemente força peso e massa. Ah, então isso vai envolver as Leis de Newton, noção de inércia, eles não tem essa ideia, energia e a conservação da energia que isso vai fazer n links com outras disciplinas do Ensino Médio. (Professor P4)

Diferenciar calor e temperatura, ter uma noção das escalas, saber diferenciar, usá-las. Bom, as Leis da Termodinâmica. Quanto à Óptica, ter noção que a luz, ela tem caráter dual, seu comportamento. (Professor P4)

Bom, terceiro ano, Eletromagnetismo, eletricidade, noção de como funcionam os principais aparelhos que ele tem em casa. Ah! Ondas eletromagnéticas. E mais em termos da Física Contemporânea, Moderna e Contemporânea, que eu considero, um que chama muita atenção deles é termos da Radioatividade. É entre outros, que vai influenciar alguns aparelhos, utilização de aparelhos, exames clínicos, ressonância magnética, raio X.(Professor P4)

É interessante perceber que ao mesmo tempo que os professores indicam grandes teorias da Física, como por exemplo, a Termodinâmica, sintetizações importantes como a feita por Maxwell, em forma das quatro leis, ou mesmo princípios importantes como o da conservação de energia, a Física Moderna aparece timidamente, representada pela dualidade da luz, aplicações da Física (Raio X), e interações na fala do Professor P3.

Com a mesma intenção de tomar conhecimento dos conteúdos de FMC que os professores sujeitos desta pesquisa estão ensinando em suas aulas, bem como a forma encontrada por eles para ensiná-los, analisou-se os PTDs por eles elaborados, tomando como referência uma lista de conteúdos de FMC elaborada por Ostermann e Moreira (2001).

O primeiro PTD analisado foi elaborado pelo Professor P1, no qual foram encontrados os seguintes conteúdos relacionados com FMC: Partículas Elementares e Dualidade da Luz, que também estão contemplados na lista obtida no estudo realizado por Ostermann e Moreira (2001), como pode ser observado no Quadro 4.

<b><i>Lista obtida por Ostermann e Moreira (2001)</i></b>	<b><i>Conteúdos presentes no PTD do professor P1</i></b>
efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, <u>dualidade onda-partícula</u> , fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, <u>partículas elementares</u> , relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.(OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p.138)	Partículas elementares e dualidade da luz

QUADRO 4: Conteúdos trabalhados pelo professor P1 estão grifados na coluna 1

O PTD deste Professor P1 foi elaborado para uma segunda série do Ensino Médio, e o conteúdo referente à dualidade da luz está apresentado da seguinte forma: “A natureza da luz e suas propriedades: ondas eletromagnéticas e mecânicas, dualidade da luz, refração e reflexão, polarização e difração da Luz”, e o ensino desses conteúdos tem por objetivo:

Identificar a luz como dual; Relacionar o comprimento de uma onda com sua frequência; Diferenciar onda mecânica e eletromagnética; Diferenciar refração e reflexão, polarização e difração; Expressar de forma matemática a refração e reflexão da luz. (PTD Professor P1)

No PTD elaborado pelo Professor P2 foi possível perceber que o documento apresenta os conteúdos da Física Clássica, da forma tradicionalmente divididos e trabalhados na terceira série do EM: Eletricidade, Eletrodinâmica e Eletromagnetismo. No entanto, ao imprimir os objetivos de ensino para tais conteúdos no PTD, traz objetivos também relacionados à Física Moderna e Contemporânea, e afirma que estes “serão trabalhados no transcorrer das aulas”.

Nos objetivos há destaque para a natureza dual da luz e extensão da discussão da dualidade para a matéria, conforme indicado abaixo: “

Descrever a dualidade onda-partícula; Reconhecer na difração e na interferência o caráter ondulatório da luz; Explicar a hipótese de De Broglie; Compreender a teoria da relatividade especial. (PTD Professor P2)

Além dos conteúdos listados acima, esse documento apresenta ainda: efeito fotoelétrico, efeito Compton, fissão e fusão nuclear.

Nota-se aqui, tópicos de Física Quântica, a Teoria da Relatividade e aplicações da Física Moderna como a energia nuclear, representado por fissão e fusão nuclear, conteúdos esses que coincidem com a lista citada anteriormente.

<b><i>Lista obtida por Ostermann e Moreira (2001)</i></b>	<b><i>Conteúdos presentes no PTD do professor P2</i></b>
efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.(OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p.138)	Dualidade da luz, efeito fotoelétrico, fissão e fusão nuclear.

QUADRO 5: Conteúdos trabalhados pelo professor P2 estão grifados na coluna 1



O PTD do Professor P3 analisado foi proposto para a terceira série, pois ele ministra aulas apenas para essa série.

Esse PTD apresenta uma divisão da seguinte maneira: Eletrostática; Eletrodinâmica; Eletromagnetismo e Física Moderna. Além da divisão tradicionalmente feita para terceiras séries do Ensino Médio, ele dedicou um bimestre ao ensino da FMC. Este por sua vez contempla os seguintes tópicos: Relatividade Restrita; Relatividade Geral; Tópicos de Mecânica Quântica, Partículas Elementares; Tópicos de Física Nuclear e Teoria do Caos.

Os conteúdos de FMC são distribuídos por aulas, sendo a Mecânica Quântica dividida em: Teoria de Planck, efeito fotoelétrico, modelo de Bohr e átomo de hidrogênio, dualidade onda-partícula, princípio da incerteza.

Para a Física Nuclear aparecem as ideias de Radioatividade, fissão e fusão nuclear. E juntamente com o tópico partículas elementares, encontra-se forças fundamentais da natureza.

Para o estabelecimento dos critérios de avaliação, o Professor P3 utiliza as Diretrizes Curriculares Estaduais da Educação Básica – Física e os critérios que se referem à Física Moderna e Contemporânea são aqueles estabelecidos pelas DCE – Física<sup>10</sup>, apresentados no Quadro 6.

<b>Avaliação</b>
<p>A partir da formulação das equações de Maxwell e a comprovação experimental de Hertz, a luz passou a ser entendida como uma entidade eletromagnética. No entanto, estudos realizados no final do século XIX e início do século XX levaram ao estabelecimento da natureza corpuscular da luz (os quanta). Isso contribui para a apresentação da Física como uma ciência construída e em construção. Dessa forma, ao se avaliar o estudante espera-se que ele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• entenda o propósito do estudo da luz no contexto do eletromagnetismo;</li> <li>• conceba a luz como parte da radiação eletromagnética, localizada entre as radiações de alta e baixa energia, que manifesta dois comportamentos, o ondulatório e o de partícula, dependendo do tipo de interação com a matéria;</li> <li>• associe fenômenos cotidianos relacionados à luz, como por exemplo: a formação do arco-íris, a percepção das cores, a cor do céu dentre outros, aos fenômenos luminosos estudados;</li> <li>• compreenda a luz como energia quantizada que, ao interagir com a matéria, apresenta alguns comportamentos que são típicos de partículas (por exemplo, o efeito fotoelétrico) e outros de ondas (por exemplo, a interferência luminosa), ou seja, entenda a luz a partir do comportamento dual;</li> <li>• extrapole o conhecimento da dualidade onda-partícula à matéria, como por exemplo ao elétron.</li> </ul>

QUADRO 6: Trecho extraído do PTD do Professor P3

<sup>10</sup> Os critérios de avaliação presentes no PTD do Professor P3 são os estabelecidos pela DCE – Física.

Visivelmente, a organização e a seleção de conteúdos feita pelo Professor P3, apresentados no quadro 7, é a que mais se aproxima dos conteúdos elencados na lista obtida por Ostermann e Moreira (2001):

<b><i>Lista obtida por Ostermann e Moreira (2001)</i></b>	<b><i>Conteúdos presentes no PTD do professor P3</i></b>
efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do Universo, raios-X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.(OSTERMANN; MOREIRA, 2001, p.138)	Efeito fotoelétrico, Modelo de Bohr, Dualidade Onda-partícula, Princípio da Incerteza, Radioatividade, Fissão e Fusão Nuclear. Partículas elementares, Forças fundamentais da natureza, Relatividade Restrita.

QUADRO 7: Os conteúdos trabalhados pelo professor P3 estão grifados na coluna 1

Além dos livros didáticos distribuídos pelos governos Estadual e Federal, os alunos do Professor P3 contam também com um material produzido por ele mesmo. Este material contempla parte da Física Clássica e da Física Moderna e também traz exercícios. A Física Moderna está presente em dois campos de estudo: Física Quântica e Teoria da Relatividade. O quadro 8 apresenta um resumo dos tópicos que são tratados em cada uma das teorias no material desenvolvido pelo professor.

<b><i>Física Quântica</i></b>	<b><i>Teoria da Relatividade</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>●Átomo do Bohr, níveis de energia, salto quântico;</li> <li>●Equação de Planck;</li> <li>●Efeito fotoelétrico;</li> <li>●Dualidade da luz;</li> <li>●Princípio de Heisenberg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●Os postulados de Einstein;</li> <li>●Fator de Lorentz;</li> <li>●Dilatação do tempo;</li> <li>●Contração do espaço;</li> <li>●Adição de velocidades;</li> <li>●Energia relativística.</li> </ul>

QUADRO 8: Conteúdos de FMC abordados no material produzido pelo Professor P3

É possível encontrar também, no material produzido pelo professor, uma breve introdução em semicondutores e supercondutores, e também espectro eletromagnético envolvendo todas as frequências de ondas eletromagnéticas, entre elas o raio x, considerado uma aplicação da Física e classificado dentro da Física Contemporânea.

Embora a Teoria do Caos tenha sido registrada no PTD elaborado pelo Professor P3, ele afirma no questionário não ter trabalhado este conteúdo em sala

de aula por uma questão de tempo. Além disso, ele cita os conteúdos da FMC não contemplados na sua organização de conteúdos, bem como justifica a sua não inserção, conforme o que está sintetizado no Quadro 9.

<b><i>Conteúdos presentes no PTD do Professor P3, porém não explorados em sala de aula</i></b>	<b><i>Conteúdos não contemplados no PTD do Professor P3, citados no questionário pelo Professor</i></b>
Introdução à Física Não-Linear, Sistemas Dinâmicos e Teoria do Caos: os modelos não-lineares são aqueles que mais se aproximam da realidade natural. Planejo trabalhar com o Filme “Efeito Borboleta” e alguns experimentos tais como o pêndulo duplo e o pêndulo magnético	Nanotecnologia: é a tecnologia do futuro próximo. Se der tempo vou trabalhar utilizando um filme.  Teoria de Cordas e Matriz M: infelizmente a matemática envolvida transcende à do Ensino Médio. Mesmo assim pretendo dar algumas aulas sobre isso com a ajuda do filme “Universos Paralelos” da BBC. O tópico se justifica pela sua ligação com os experimentos do LHC e pela explicação da Origem dos Universos.

QUADRO 9: conteúdos contemplados no PTD do Professor P3, porém não explorados em aula, e conteúdos citados no questionário, porém não contemplados no PTD

O professor P4, por sua vez, forneceu os seus PTDs do ano anterior, pois os do ano corrente ainda não estavam finalizados no momento em que foi estabelecido o contato com ele.

O PTD analisado refere-se a 3<sup>o</sup> série do Ensino Médio, e apresenta os conteúdos distribuídos em quatro bimestres, sendo que os três primeiros trazem o Eletromagnetismo Clássico e o último bimestre, apenas apresenta: “Tópicos de Física Contemporânea”, não sendo possível identificar a quais conteúdos especificamente o professor P4 se refere.

No entanto, ao elencar os objetivos relacionados aos conteúdos que serão estudados na 3<sup>a</sup> série ele indica que pretende que seus estudantes sejam capazes de:

Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos, analisando “como funcionam” os aparelhos.  
(PTD Professor P4)

Entende-se que esse objetivo está diretamente relacionado com os conteúdos elencados para o último bimestre - “Tópicos de Física Contemporânea”, pois esses objetivos só podem ser atingidos com o estudo de tópicos atuais.

Em um primeiro momento é possível concluir que da FMC o que está mais presente nas salas de aulas dos professores sujeitos desta pesquisas são os conceitos e teorias da Física Quântica e da Física Nuclear, e em alguns momentos, a Teoria da Relatividade (em minoria), razão pela qual foi investigado como os professores mobilizam esses conceitos para trabalhar em sala de aula e quais estratégias e recursos são utilizadas para transformar o saber a ensinar em saber ensinado, discussão que ganha espaço maior no próximo tópico.

### 5.5.2 Estratégias e recursos

Após tomar conhecimento da seleção de conteúdos de FMC feita pelos professores, buscou-se entender as formas, tradicionais e inovadoras, com que eles mobilizam esses conhecimentos de FMC para ensiná-los na sala de aula do EM.

Em relação a essa questão o Professor P3 falou sobre a necessidade de discussões sobre os temas com os alunos e, segundo ele, o debate nas aulas envolvendo tópicos de FMC é muito mais intenso

A diferença é o debate, é muito maior, porque eu ataco as questões fundamentais, o que é tempo? O que é a viagem no tempo? O que é teletransporte? Eu uso um pouco da ficção científica, o que eles vêem em filme e tento discutir o que está certo, o que está errado, paradoxos. (Professor P3)

Então é isso, e a discussão cresce na aula. (Professor P3)

O que eu sempre coloco, os conteúdos que estão meio fixos é: quantização de energia, a equação de Planck, e aí em volta dela está toda, coloco a dualidade, deixa eu me lembrar aqui, o princípio da incerteza. (Professor P3)

[...] daí, a proposta do próprio Einstein para a quantização da luz, já acaba entrando na dualidade [...]. (Entrevistadora)

é então, esse é o gancho para tudo que eu faço em Física Quântica, quantização da energia. Aí começo discutir, por exemplo, teletransporte, [...] o elétron como é que ele muda de nível [...] se não é permitido ele tá no meio do nível, porquê? Como é que é em outra dimensão. Então a constante de Planck abre leque para o resto. E na Relatividade, nem discuto referenciais, vou direto já em o que é que é paradoxo do tempo, ir para o passado para o futuro, porque e como? Aí dá exemplo de GPS, relógio [...]. (Professor P3)

Não vai para um formalismo matemático [...]. (Entrevistadora).

Não vou, não vou. Só a equação de Planck eu dou. Ah! Lógico, eu coloco também, coloco um pouco, agora entrando em Relatividade, da contração

do tempo, dilatação do espaço, a constância da velocidade da luz que é importante, que parece que é [risos]. (Professor P3)

Eu discuto com eles o que é constante em Newton? O tempo, se isso é constante a velocidade não pode ser, aí eu faço o paralelo nessa aula, o que é constante em Newton [...] então é diferente. Só que eles não entendem isso, eu me arrepio quando falo, mas eles não entendem, [...] um ou outro talvez possam entender. E a relação massa energia que eu não entendo muito bem, mas eu coloco lá [...]. Outra vez eu calculei a velocidade do próton no LHC, ano passado que estava em moda o LHC. (Professor P3)

Para o Professor P3, debates em aulas estão mais presentes quando os conteúdos pertencem a uma Física mais atual, sendo essa a estratégia privilegiada. No entanto, esse mesmo professor, durante a entrevista, liga seu netbook para mostrar um material para a entrevistadora. Em seu computador, havia inúmeras simulações, entre elas, algumas de Física Moderna. Em relação às simulações ele comenta: “Então eu acho que isso aqui é a salvação para o professor, usar simulação”.

Ele afirma já ter trabalhado com algumas delas em sala de aula, uma única vez no laboratório de informática. Nessa aula os alunos interagiam com a simulação, mas alega que não retornou ao laboratório de informática porque teve dificuldades na dinâmica da aula. Porém, outras vezes, com a utilização do data-show, ele mesmo mostrou simulações para seus alunos, encaminhando a discussão.

Ele também contou um pouco da sua experiência com o ensino da Física Quântica, adquirida por seu trabalho com FMC no último bimestre:

Então, no ano retrasado, eu trabalhei, pedi para os alunos fazerem vídeos sobre Física Moderna. Alguns foram na UEL, outros entrevistaram pessoas na rua, outros entrevistaram professores lá na UEL, perguntando o que é Física Quântica. (Professor P3)

Eu tenho esses vídeos, aí eu posso mandar para você.<sup>11</sup> (Professor p3)

Eu sempre peço vídeo, só que nessa turma eu pedi lá no final de ano, por isso conteúdos de Física Moderna. (Professor P3)

---

<sup>11</sup> O Professor P3 enviou dois vídeos produzidos por seus alunos por email, conforme prometido na entrevista. Um deles, era uma entrevista realizada com um Professor de Física da UEL, com questões relacionadas à Mecânica Quântica e outro sobre a natureza dual da luz, em especial a teoria ondulatória da luz de Thomas Young, com a reprodução do experimento da dupla fenda e explicações sobre o mesmo. O experimento também foi realizado na UEL.

Da mesma maneira que o Professor P3, o Professor P2 também já sentiu necessidade de buscar alternativas para o ensino da FMC e cita um exemplo:

sim, teve momentos que houve necessidade de fazer experimento e não fui convincente, pois existem coisas, por exemplo, como funciona a televisão, por exemplo, feixes de raios catódicos, na produção né [...] aí eles queriam que eu abrisse a televisão e mostrasse. Só o desenho, só a figura não foi suficiente, houve a necessidade do experimento [...]. (Professor P2)

Ao longo da entrevista, e a partir do exemplo citado, ficou perceptível que o Professor P2 dá preferência na organização das suas aulas para aplicações dos conceitos da Física, e diz que busca conteúdo na Internet para preparar suas aulas, especialmente em sites que, segundo ele, trazem elementos acerca de “como funcionam as coisas”.

O professor P1 afirma não ter uma estratégia privilegiada, sendo o conteúdo que vai determinando as estratégias. Afirma ainda que inúmeras vezes está vendo alguma coisa e tem ideias para tratar um determinado conteúdo na sala de aula. Ele conta um pouco sobre os encaminhamentos de suas aulas:

Não tem uma que eu privilegie, dependendo do conteúdo eu vou para um caminho, ou eu vou por outro. Esse por exemplo, de Física Moderna eu preferi a abordagem experimental, mas já no primeiro ano, para eles começarem a entender a diferença de Mecânica Clássica e Quântica é a produção de textos, então depende do nível em que eles estão e onde eu quero que eles cheguem. (Professor P1)

No dizer do Professor P1 há destaque para duas estratégias em sala de aula: atividade experimental, para a qual ele cita como exemplo o trabalho desenvolvido por seus alunos relacionados à espectroscopia e a produção de texto, na qual ele explorou a transição da Mecânica Clássica para a Quântica. Ele ainda acrescenta:

Tem que ir mudando, tem que ir testando para ver qual que eles se adaptam melhor, porque as vezes, como eu acabei de falar, [...] experimental não deu muito certo, tanto que daí eu, depois que eles escreveram um relatório, eu retomei, e usei um simulador no dia a dia educação. (Professor P1)

Nesse trecho, o Professor P1 refere-se que num primeiro momento os estudantes tiveram dificuldade no entendimento das linhas espectrais emitidas pelas substâncias, então, para completar a atividade, ele utilizou simuladores para o trabalho com o conteúdo, e para encerrar, os seus alunos produziram um relatório das atividades em formato de texto.

Ele ainda conta, de forma muito entusiasmada, sobre uma atividade avaliativa sobre Cesar Lattes e a descoberta do méson pi

[...] uma que eu gosto muito para ver se eles realmente, se o tico e teco deles estão funcionando, é que quando a gente fala que um dos objetivos da Física [enquanto disciplina] é mostrar que ela não é, que a ciência não é neutra, que ser humano que constrói ela, que tá lá, com todos os defeitos e qualidades do ser humano estão ali. Uma que eu gosto muito de fazer, que já o ano que vem eu não vou poder fazer é falar do Cesar Lattes, e da descoberta do méson pi, que eu ponho essa pergunta para eles: “Vocês já pesquisaram, a gente também já discutiu, agora vocês vão formular uma teoria de porque que os companheirinhos dele ganharam o Nobel e ele ficou de lado, lembrem que cenário que era.” (Professor P1)

Era uma atividade avaliativa?. (Entrevistadora)

Isso, no final eu digo, “olha a minha versão é essa, vamos ver que Niels Bohr escreveu uma carta, depois a gente vai ver se a minha versão está correta ou não”. (Professor P1)

A atividade avaliativa proposta pelo Professor P1 é interessante por diversos pontos. O primeiro e mais óbvio deles é por se tratar de uma forma diferenciada de avaliar, e o segundo é que, além de tratar de um conteúdo de FMC (méson pi ou pión – partícula mediadora), aborda questões relacionadas com a natureza da ciência, do fazer ciência, e da não neutralidade da ciência. Interessante perceber que a preocupação com a natureza da ciência já havia aparecido na fala desse professor anteriormente, quando ele comentou sobre a disciplina que ensina - Física, e agora ele trouxe um exemplo de como discute questões relacionadas ao fazer ciência na sala de aula.

Quando perguntado no que ele se baseia para preparar suas aulas, e se ele conhece algum trabalho que traz experiências de ensino de Física Moderna e Contemporânea na sala de aula, ele responde: “Tem alguns que tem, principalmente os que eu procuro, os textos na internet, os textos ligados a Ensino de Física”. (Professor P1).

Perguntado se ele se lembra de algum, o Professor P1 pensa um pouco e lembra de um material produzido por um grupo de pesquisa em Ensino de Física da USP. Perguntado qual era o material, responde:

... é os espectros eletromagnéticos das substâncias. (Professor P1)

E como foi trabalhar com essa experiência na sala de aula? (Entrevistadora)

Essa daí é a que eles mais amam, porque ela é visual. É bem visual, primeiro eles teimam que é o cd que dá cor pra coisa, eu falo então vamos ver. Eles falam “é claro que a professora vai mandar a gente por o cd aqui, é claro que a gente vai ver a luz. Tá bom então quando a gente for observar as lâmpadas vejam se é igual. É para todas iguais, se fosse o cd não iria ficar para todas iguais, vamos lá vê. (Professor P1)

Você já fez isso mais do que um ano? (Entrevistadora)

Mais do que um ano, dois anos, três já. (Professor P1)

Tem dado certo? (Entrevistadora)

Tem dado certo para alguns né, sempre tem uns [...]. Aí eu complemento levando eles no laboratório, queimando as substâncias, o sódio, o cloreto de cobre, não! O sulfeto de cobre que eu queimo [...]. Teve um que me escreveu um relatório dizendo que o sódio vira mercúrio, há o sucesso, mas também, e tem uns que, [...] perdidinho aí. (Professor P1)

Sobre esse trabalho específico, o Professor P1 conta que se inspirou em um trabalho já produzido, mas que fez adaptações para utilizar em sua aula. Essa aula de espectro eletromagnético citada na entrevista pelo Professor P1 aparece no seu PTD e está destacada no Quadro 10.

<b>Conteúdos</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Recursos didáticos</b>	<b>Avaliação/instrumento</b>
Espectro eletromagnético das substâncias	Relacionar campo elétrico e magnético a ondas eletromagnéticas. Diferenciar campo elétrico e campo magnético. Reconhecer que substâncias diferentes emitem diferentes espectros eletromagnéticos.	Apresentação de vídeos. Aula experimental.	Giz, quadro, LDP de Física, pedaço de cartolina preta, fita isolante, cd inutilizado, lâmpada de luz ultra-violeta e vídeos relacionados ao conteúdo.	Construção de um espectroscópio por parte dos alunos com posterior observação de diversas luzes visíveis (lâmpadas de luz negra, lâmpada fluorescente, de vapor de sódio e luz solar) com confecção de relatório.

QUADRO 10: Trecho extraído do PTD do Professor P1, incluindo o formato da organização – tabela e componentes do PTD.

Tendo como conteúdo do Ensino Médio espectro eletromagnético das substâncias, pode-se vislumbrar uma série de possibilidades para o trabalho com conteúdos de FMC. Uma primeira leitura deste PTD é possível pensar que



simplesmente tenha sido discutido o espectro contínuo da luz do sol, quando essa atravessa um prisma. Porém, uma análise mais apurada revela que o fato de se tratar do espectro eletromagnético das substâncias, e não apenas espectro eletromagnético, e ainda apresentar como objetivo: “Reconhecer que substâncias diferentes emitem diferentes espectros eletromagnéticos”, nos faz pensar que há de ter sido trabalhado a emissão de espectros por diferentes substâncias, o que se confirma ao analisar o instrumento de avaliação: a construção de espectroscópio.

O espectroscópio é um instrumento que permite visualizar a composição espectral (ou cromática) de um objeto luminoso. Um elemento dispersivo (prisma ou rede de difração), colocado no seu interior, decompõe a luz que incide sobre a fenda de entrada, produzindo um espectro na região de saída. (GARCIA; KALINOWSKI, 1994, p. 332)

Na mesma direção do Professor P1, o Professor P2 cita a utilização de resultados de pesquisas em Ensino de Física

[...] artigo, eu vejo alguns artigos, artigos como trabalhar, por exemplo, a difração da luz [...] praticamente é o do fio de cabelo, mas tem outras maneiras de ver isso, de testar redes de difração, essas coisas. É um que me lembrei agora de bate pronto, mas tem artigos de como ensinar tal coisa, tem um artigo que é coisa mais rápida, 10 páginas, fóruns. Por exemplo, nós temos o SNEF, que é o Simpósio Nacional de Física, que nisso aparece alunos de graduação que querem ensinar tal coisa e tem essa mesma dificuldade, não encontram material para ensinar tal coisa, aí fazem uma discussão e produz, eu fiz tal experiência, e fiz assim e assim e deu certo. (Professor P2)

Em relação às estratégias ainda, o Professor P4, diferentemente dos demais, afirma que não tem estratégia diferenciada.

Tratamento diferenciado acredito que não, porque dá para a gente englobar isso, não fazer a parte, mas encaixar no próprio decorrer do conteúdo, ou as vezes a gente percebe que a turma está tão, tá tão desmotivada, e que você insere determinado assunto e muda! Você muda seu planejamento [...] de repente você abordaria isso no quarto bimestre, de repente [...] abordar já no terceiro. Conforme é a turma, de repente o andamento é diferente. Mas [...] depende também, as experiências que a gente teve com outras turmas. De repente você começa abordar o assunto e lançar questões sobre o assunto, fazer com que eles percebam que não conseguem responder aquela situação. Ou você pode dar outro argumento fazer com que eles pesquisem, tentem apresentar na frente, só que com certeza eles vão ter dificuldades e você tem que ter todo cuidado de, no momento que eles apresentarem depois ir explicando porque é uma matéria nova e vai ter erros conceituais ali, então você vai ter que intervir e fazer as considerações necessárias. (Professor P4)

Da mesma maneira como a concepção ou estratégia escolhida pelo professor para tratar a Física Moderna no EM, o encaminhamento e a forma que os professores mobilizam a FMC para ensinar passa pela decisão de cada professor.

Parece que cada professor se comporta como autor do saber que ensina na sala de aula. Isto é, cada um deles busca caminhos/encaminhamentos e relações do saber a ser ensinado com o cotidiano, por meio de filmes e outras situações como aplicação da FMC, a fim de que o saber ensinado ganhe forma, com características próprias de cada docente. Mesmo que essa autoria seja limitada, segundo Chevallard (1991), é possível perceber, a partir das colocações dos professores, a (re) produção de saberes na sala de aula, conforme afirma Lopes (1999).

## 5.6 A RELAÇÃO DOS ESTUDANTES COM OS CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Um aspecto que ficou evidente nas propostas de ensino de FMC analisadas foi a receptividade destes conteúdos por parte dos estudantes quando os mesmos eram abordados em sala de aula.

Tendo por base esses resultados, foi perguntado aos professores como ou quanto os seus alunos se mostram interessados por conteúdos de FMC apresentados em suas salas de aulas, bem como o aproveitamento obtido por eles.

O Professor P1 assim se manifestou:

É, no começo eles acham meio estranho, “mas meu deus como que a gente vai ver isso?”, quando fala do LHC [Large Hadron Collider], principalmente [...] “Ah professor, mas isso é coisa de cientista, a gente não tem nem ideia do que é”, com o tempo eles vão percebendo que é coisa que mesmo que parece que é só cientista que mexe, tá ali presente um pouquinho na vida deles [...]. (Professor P1)

A partir dessa reposta perguntou-se se essa é uma reação para qualquer temática, ao que ele respondeu

[...] esses conteúdos, que eles estão acostumados, como por exemplo, MRU, queda livre, se você vai falar com eles, não tem o mesmo impacto, eles querem realmente coisas que pareçam não pertencer a uma aula normal de Física, ou da ideia pré-concebida que eles têm do que é a Física. (Professor P1)

Em relação à aprendizagem foi perguntado aos professores em qual temática, sem se restringir à de Física Moderna, seus alunos têm maior aproveitamento<sup>12</sup>. Algumas das respostas foram:

Nas de eletromagnetismo, não sei se é também porque eu gosto mais, né, é a que eles se saem melhor [...] Hummm, mais a dualidade da luz, os espectros [...]. (Professor P1)

E completa a fala dizendo que seus alunos tem predileção por algumas temáticas da Física Moderna

É que eles gostam mais, acho que chama a atenção deles, aí eles vão tentar. Não que não tenha aqueles que não querem nada com a dureza, não importa o que você faça, eles vão ficar ali [...]. (Professor P1)

Diferentemente do Professor P1, o Professor P3 aponta que sente dificuldades para tratar certos conceitos da Física Moderna

[...] eu não consigo convencê-los que o mundo não é apenas ditado pelas sensações. Quando eu digo que você não rela na mesa, por mais que você faça força, eles não acreditam. Mas eu ponho o modelo e faço experimento que levam eles a acreditar, mas no fundo eu acho que não convence. (Professor P3)

Com base nessa resposta foi perguntado ao Professor P3 se os estudantes, na visão dele, estão preparados para estudar Física Moderna e Contemporânea, por ser um tanto abstrato, ao que ele responde:

Nem a Clássica [...] acho que é tão difícil eles entenderam que o tempo é relativo, como o tempo, como uma equação do movimento uniforme, é não sei o que está faltando”. (Professor P3)

E complementa dizendo que para o aluno as duas são difíceis – Isto é, para o aluno a Física Clássica e a Física Moderna e Contemporânea parecem ter o mesmo grau de dificuldade. Assim, em relação aos estudantes afirma:

[...] então eu acho que é equivalente. Eles têm que ter a percepção do todo. (Professor P3)

No entanto, quando perguntado sobre o resultado dos seus alunos na avaliação, o Professor P3 responde que é acima da média, porém que seus alunos se saem efetivamente melhor em eletrodinâmica.

<sup>12</sup> Essa pergunta, assim como outras realizadas nas entrevistas não são direcionadas para a FMC, são gerais para Física, a intenção é dar liberdade para o professor responder.

Para o Professor P2, os seus alunos mostraram maior interesse nos momentos que ele abordou Física Moderna e Contemporânea na sala de aula, talvez por verem que é possível se entender Física sem obrigatoriamente associar o conceito a expressões matemáticas:

Maior, os alunos começam a ver que a Física não é aquele monte de fórmula, um monte de conta, um monte de Matemática, e ele começa a ver que a Física é o que ele vê. (Professor P2)

A esse respeito é conveniente registrar que não é desejável que a Física Clássica seja reduzida a um conjunto de expressões matemáticas. O que difere é que no caso da FMC, a Matemática não é viável para o EM, sendo assim a FMC precisa ser apresentada a partir de suas teorias, leis e/ou princípios, o que poderia também acontecer com a Física Clássica, e não apenas privilegiando os modelos matemáticos.

Ao ser questionado sobre qual conteúdo, no entendimento dele, teve boa aceitação por parte dos estudantes, o Professor P2 respondeu

É ultrassom, ecografia, tomografia, ultrassonografia [...] todos esses exames que são feitos, o raio x, a tomografia computadorizada. (Professor P2)

E você acha que eles têm mais dificuldade ou menos de tratar a Física Moderna e Contemporânea ou a Física Clássica? (Entrevistadora)

Na verdade, é tudo de interesse deles, aqueles que estudam, aqueles que querem bastante tranquilidade ou os que não querem estudar muito, que a coisa complica com a mesma intensidade. (Professor P2)

Tanto a Física Clássica quanto a Física Moderna? (Entrevistadora)

Independente, se não estuda, não procura saber um pouco mais, a coisa complica [...]. (Professor P2)

Da mesma forma que o Professor P2 o Professor P4 fala da predileção dos seus alunos por Física aplicada, especialmente da Física aplicada à Medicina

Eu acho que o interesse é maior, [...] porque nos momentos que eu abordo Física Moderna ela vai, tento relacionar com muitas coisas do dia-a-dia, [...] exames clínicos e outros fenômenos. Então acaba chamando interesse deles em função disso, porque se for só colocar o conteúdo em si da Física, não vai ser atrativo para eles, então mais uma abordagem indireta, então isso acaba chamando a atenção, acho que mais dos outros assuntos em função dessa abordagem indireta [...]. Então é uma coisa de aplicação, aplicação tecnológica. (Professor P4)

No entanto, afirma que seus alunos se saem melhor em Termodinâmica:

Pela minha pouca experiência, a que eles se saem melhor, acredito, em Termodinâmica, é um assunto que não sei o que atrai eles, que tem mais facilidade de aprender [...]. (Professor P4)

Ainda, o Professor P4, ao falar da receptividade que seus alunos demonstram com a FMC, comenta que alguns já trazem algumas concepções sobre o assunto

Alguns, eles apresentam algum conhecimento já. Vou citar o caso de um aluno que veio de Santa Catarina na terceira série, ele queria muito ver a Relatividade, aprender Relatividade. Infelizmente eu não pude trabalhar com eles ano passado, acabei trabalhando um pouco de Radioatividade e tal, e a Relatividade não deu, mas à parte eu conversei com ele, forneci material e tal, tentei sanar um pouco das curiosidades que ele tinha né, enfim tive que privilegiar. Mas em geral eles recebem com atenção, com interesse. (Professor P4)

O exemplo citado pelo Professor P4 confirma que os estudantes, e não só eles, toda a comunidade, têm contato por meio da mídia com conceitos e teorias da Física. Não se pode desconsiderar que algumas vezes as informações veiculadas pela mídia trazem informações relacionadas a conceitos de FMC, não tão coerentes como se desejaria, e ao invés de ajudar prestam um desserviço à ciência. Dessa forma, ao invés dos estudantes terem contato com estes conteúdos na escola, o fazem apenas através da mídia.

Conforme comentado anteriormente, pretendia-se verificar, a partir das impressões dos professores, a relação dos estudantes com a FMC e sua efetiva aprendizagem, considerando a dinâmica de sala de aula, da escola, sem interferências de pesquisa (projetos pilotos) e sem intervenção de pesquisadores.

A partir do capítulo 3, e da literatura acerca da temática foi possível perceber que autores afirmam que é possível ensinar e aprender FMC no Ensino Médio. Conforme Terrazzan:

As dificuldades para a inserção da Física Moderna e Contemporânea na escola média não são poucas, porém no que diz respeito às possibilidades de aprendizagem de seus conceitos e modelos fundamentais, quero crer que tenha ficado estabelecido que não são maiores do que a aprendizagem de diversos conceitos da chamada física clássica. (1994, p. 147)

Em relação à aprendizagem, especialmente dos conceitos de Física Quântica, Pinto e Zanetic (1999) afirmam

Acreditamos que a maioria dos alunos aprendeu pouca Física Quântica, mas eles não terminaram o século sem terem pelo menos sido apresentados à Física nele desenvolvida. Aliás, quantos alunos que passam por um curso de “Mecânica Clássica” entendem realmente as leis de Newton? Nossa experiência mostrou que temos ainda muitas questões a responder, mas agora acreditamos ainda mais que *é possível levar Física Quântica para o ensino médio*. (1999, p. 21)

O que parece estar muito próximo da colocação feita pelo Professor P3, que diz que da mesma forma que algumas vezes os estudantes não estão preparados para a Física Clássica, também não estão para a FMC. Logo, isso não se caracteriza com uma desculpa para não levar FMC para o Ensino Médio.

Tanto o professor P1, como o P2 dizem que o que determina a aprendizagem de um determinado conteúdo é vontade de aprender, isto é, se faltar o interesse e estudo por parte do estudante, a Física Clássica também não será compreendida. Por outro lado, o professor P1 afirma que seus alunos se envolvem mais quando a aula trata de FMC.

Outro exemplo, que vem ao encontro das colocações dos professores sujeitos desta pesquisa foi apresentado por Sousa, ao aplicar uma proposta de ensino de FMC na escola sobre Radiações

Ao falarmos, de aprendizagem, embora esse fator não tenha sido o foco desta pesquisa, podemos inferir que não houve grandes dificuldades que pudessem impedir o acompanhamento e o desenvolvimento das aulas. Foi perceptível que as dificuldades apresentadas, não foram muito diferentes daquelas presentes no aprendizado da Física Clássica [...]. (SOUSA, 2009, p. 109)

Dessa forma, foi possível perceber que, pelo menos neste ponto, os resultados a que se chegou se aproximam, e muito, do que está presente na literatura, pois, segundo os professores sujeitos desta pesquisa, a relação dos estudantes com a FMC é de interesse e é possível ensiná-la no Ensino Médio.

## 5.7 A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DOS ESTUDANTES

Desenvolver uma formação científica, segundo Lopes (1999), não no sentido enciclopédico, mas sim a partir de uma visão contemporânea de ciência deve permitir ao estudante, diante de uma notícia, avaliar a validade e potencialidade do avanço científico na mídia, ou seja, conseguir eliminar os exageros da mídia, os

quais, de uma maneira geral, contribuem para a mitificação da ciência. Essa mesma autora afirma que uma formação em ciências deve possibilitar também uma interpretação e atuação crítica sobre o mundo.

Dessa forma, partindo da premissa que a disciplina de Física deve permitir ao estudante uma atuação no mundo atual, é preciso considerar que os conteúdos de FMC precisam estar presentes na formação da Educação Básica.

O professor P1, ao comentar sobre o papel da FMC na formação do estudante do Ensino Médio afirma que a não inserção de alguns conceitos da FMC deixa a Física incompleta

[...] acho que fica incompleto se você não falar disso [FMC], porque para mim, Física, mais que ensinar esses conteúdos, é colocar na cabecinha deles que teve um caminho, tem um modelinho, que hoje é válido, amanhã não é válido, e se você não falar de Física Moderna, não vai fazer sentido na cabecinha deles, que cada um dos modelinhos tem a limitação. (Professor P1)

O dizer do Professor P1 nesse momento é muito coerente com suas colocações anteriores, pois o mesmo destaca como conteúdos essenciais para o EM os princípios e leis que sintetizam boa parte da Física Clássica e outros que se estendem para a Física Moderna. Isto é, a partir da sua fala, fica subentendido que para possibilitar ao estudante uma visão da Física como um todo é preciso considerar a ciência desenvolvida depois do século XIX, pois só assim, em acordo com Terrazzan (1994), será proporcionado aos estudantes uma visão da Física como um corpo teórico unitário, com conceitos que se inter relacionam.

Quanto à contribuição dos conceitos de FMC para a formação do estudante, e as possíveis relações da Física com a própria Física, o Professor P1 coloca

Claro que sim, grande parte do que eles usam, dos equipamentos que eles usam, do que eles tem interesse, tem ali Física Moderna. Eles nunca vão entender totalmente até como um controle remoto funciona, se eles não sabem como funciona um infra-vermelho, que é esse mesmo infra-vermelho [...] tem essa mesma dualidade porque ele é, entre aspas, um tipo de luz, que eles não vêem, que a mesma dualidade, tem esse daí tem, e continuando, mas que esse “fotonzinho”, que a partícula do infra-vermelho, tem relação lá com átomo, que ele é um dos mediadores do átomo. Porque que ele é? (Professor P1)

O Professor P3, antes de responder à questão referente às possíveis contribuições que a FMC pode trazer para a formação do estudante, diz que pode ser rígido na resposta que vai dar, porque sua resposta vem acompanhada de uma

crítica ao Ensino de Física atual. Segundo ele, da maneira como a Física é ensinada, pode ser considerada dispensável, pois,

Eu acho, no fundo no fundo, eu acho, não sei, eu posso ser muito rígido aqui, mas eu acho dispensável. Eu acho que não deveria ter, do jeito que está a Física, não adianta nada [...] no quadro geral, no Brasil, não precisa ter Física, não vai fazer diferença nenhuma [...] o conteúdo ele não é, do jeito que é dado, o aluno, ele só estuda para a prova e depois esquece tudo, e mesmo que lembrasse, ele vai lembrar do quê?. O que eu acho importante em Mecânica, leis de conservação [...] e não estudar o movimento. (Professor P3)

Ele ainda faz uma crítica à extensa dedicação ao estudo dos movimentos tradicionalmente ensinado na primeira série do EM. E acrescenta

Eles não têm pensamento matemático, o livro do [...] fala, se você quer acabar com o teu curso, comece com as equações do movimento, acaba! Para o aluno é grego, ele fala.

E, em relação ao ensino da FMC, afirma que esses conteúdos contribuirão na formação dos estudantes, mas mais uma vez questiona a maneira como é ensinada.

Contribui para formação, mas novamente: qual o valor dessa contribuição? Tem que ter um pouco de tecnologia, o que é um LCD [...]". (Professor P3)

De fato, é preciso concordar com o Professor P3 que a FMC tem um reflexo direto na sociedade atual, através das tecnologias, e essas relações devem ser consideradas, uma vez que ideias atuais permitem ao estudante a compreensão de princípios básicos da ciência e torna-o, conforme Machado e Nardi (2006), apto a participar em debates que envolvam questões científicas e tecnológicas presentes na sociedade atual, não ficando alheio a essas discussões.

Além disso, o Professor P3 toca em um outro ponto fundamental, que se é para ensinar FMC no EM da mesma maneira que tradicionalmente é apresentada a Física Clássica, dos famosos exercícios de memorização, ou aqueles que os alunos resolvem mecanicamente, só seguir o modelo, em nada o ensino será renovado, o que está de acordo com o que expõem Brockington e Pietrocola.

[...] criar exercícios que trabalhem conceitos de FMC utilizando o mesmo molde, ou o mesmo tipo de operacionalidade existente na FC [Física Clássica] é "vender vinho velho em garrafa nova". Assim, apenas troca-se relação  $F = ma$  por  $E = hv$ . Vale dizer ainda que outro problema pode acompanhar a produção e aplicação dessas novas atividades: utilizando o mesmo modelo de exercícios corre-se o risco de transformar a FMC em



algo tão cansativo, inexpressivo e enfadonho quanto é o ensino de Cinemática em muitos casos. (2005, p. 401)

O Professor P4, por sua vez, tem uma postura favorável quanto à contribuição da FMC na formação dos estudantes

Com certeza, acho que até independente do qual assunto foi tratado, efetivamente de algum modo vai contribuir para o aluno, em termos de capacidade, também de raciocínio, imaginar a situação, entender, em termos de um conhecimento a mais, é para entender vários objetos tecnológicos que eles fazem uso [...]. E ter noção de que o conhecimento está sempre sendo construído, é que essa diferença entre a Física Newtoniana – Clássica e a Física Moderna, acredito que além de ser um conhecimento a mais vai fazer um diferencial na formação dele. (Professor P4)

É possível observar um consenso entre os professores quanto às contribuições que o ensino de conteúdos de FMC podem trazer para os estudantes do EM. Entre elas, o fato de vivermos em uma sociedade tecnológica na qual,

Sendo a ciência um empreendimento marcado por inovações de pontos de vista, atuando sobre a Tecnologia, a Sociedade, o Ambiente e a Cultura, e recebendo também influências desses elementos, é essencial que o currículo escolar propicie saberes para os estudantes poderem acompanhar criticamente os desdobramentos dessas inter-relações mesmo após a conclusão de sua educação formal. (MACHADO, NARDI, 2006, p. 474, 475)

Finalizando, foi possível perceber, nas diversas falas, além dos aspectos relacionados especificamente à temática investigada, uma manifestação de angústia, por parte de alguns professores, em se saber se o caminho trilhado ao se propor assuntos de FMC é o certo

a única coisa que eu quero falar é essa angústia para saber se está no caminho certo, ou se não tá. (Professor P1)

Infelizmente não há resposta para a colocação do Professor, mas entende-se que esse é o caminho, a reflexão.

As análises realizadas a partir de cada uma das categorias descritas neste capítulo, serão retomadas como um conjunto nas considerações finais. Embora a análise tenha sido feita por categorias, acredita-se que é conjuntos delas que devem nortear o trabalho com a Física Moderna e Contemporânea no nível médio, buscando a superação da falta de material, a formação do professor e principalmente a preocupação com a formação do estudante para a sociedade atual.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta investigação busquei entender a forma como professores de Física mobilizam conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea para ensinar em suas aulas, partindo do princípio que o professor tem participação na constituição do conhecimento escolar.

Os resultados mostraram que os professores participantes da pesquisa não se vêem como responsáveis pela constituição do conhecimento que ensinam, apesar de reconhecerem o papel que desempenham na organização e estruturação de suas aulas.

Considerando o proposto por Chevallard (1991), a transposição didática tem início no momento em que, a partir do saber acadêmico, a noosfera determina o conhecimento a ser ensinado, possibilitando que o professor trabalhe, então, na transposição didática interna, ou seja, a partir de um conhecimento já selecionado e transposto num primeiro momento pela noosfera.

Essa situação aparentemente se confirmou pelo fato dos professores partirem, em sua maioria, de programas de ensino já estabelecidos, ou seja, para elaborarem suas aulas os professores apoiaram-se em elementos da esfera do saber a ser ensinado, como livros didáticos de Ensino Médio ou de graduação e em propostas de ensino de Física Moderna e Contemporânea elaboradas para o Ensino Médio.

Apesar da amostra ser reduzida, ficou evidenciado, para o grupo investigado, a importância do papel desempenhado pela noosfera em transpor o conhecimento acadêmico para um conhecimento mais acessível, pois foi a partir dela que ocorreu a seleção dos conteúdos para o Ensino Médio, independentes de pertencerem à Física Clássica ou Contemporânea, e foi nela que se determinou o que se ensina no Ensino Médio, tanto na seleção quanto na transposição do conhecimento que é ensinado na sala de aula. A pesquisa mostrou que apenas um dentre os quatro professores busca conteúdos em um nível ainda não didatizado. Os demais buscam materiais já elaborados e voltados para o Ensino Médio.

Essa evidência indica a necessidade de estudos futuros com amostras ampliadas e mesmo de observação em salas de aula e de acompanhamento das construções elaboradas pelos professores, a fim de explorar o processo de

mediação didática de conceitos científicos fundamentais do quadro teórico da Física e sua transformação em um conhecimento escolar, o que possibilitaria um entendimento maior acerca do conhecimento escolar e suas possíveis transformações na sala de aula.

Apesar de ainda incipiente, foi também possível perceber reflexos das pesquisas em Ensino de Física na sala de aula de Ensino Médio, uma vez que ficou perceptível que conteúdos que se apresentam em maior número de trabalhos publicados (textos de divulgação e trabalhos com propostas de ensino), também estão mais presentes na sala de aula, como por exemplo, da Mecânica Quântica o efeito fotoelétrico e a dualidade da luz.

Mesmo com essas ressalvas, foi possível perceber que os professores gozam de certa autonomia ao fazerem a transposição didática interna, o que é demonstrado pela criatividade didática com que mobilizam o conhecimento a ser ensinado em suas aulas, criatividade essa observada nos depoimentos dos professores e nas construções por eles elaboradas, como a que foi possível observar através de um gesto simples feito pelo Professor P1 durante a entrevista, ao dizer que

Inclusive, às vezes eu tô vendo uma coisa e [o professor estala os dedos, como se tivesse tido uma ideia] eu tento o que dá certo eu vou para frente, e o que não dá eu deixo de lado. (Professor P3)

E também pela constatação de que assuntos e temas presentes na mídia, como o Large Hadron Collider (LHC), tão comentado no final de 2008 e início de 2009 estiveram presentes nas propostas de aulas dos professores P1 e P3.

Outro ponto a ser destacado é que aparentemente os conteúdos que mais entusiasma o professor são os que seus alunos têm melhor aprendizagem. Durante a entrevista eles mencionam a predileção por alguns conteúdos que, coincidentemente, são aqueles nos quais os estudantes têm melhor aproveitamento no que se refere a aprendizagem como afirma o Professor P1 ao dizer que os alunos se saem melhor talvez porque ele mesmo goste mais de determinado conteúdo, que no caso é o Eletromagnetismo ou do P4, nos quais os alunos se saem melhor em Termodinâmica, assunto preferido seu, ou seja, pode-se levantar uma hipótese, mesmo preliminar, que “o professor precisa querer ensinar Física Moderna, pois só assim ela será bem recebida pelo aluno”.

Em relação aos resultados obtidos acerca do ensino especificamente de conteúdos de FMC, os professores concordaram que as dificuldades são tantas ou na mesma proporção que no ensino de Física Clássica, revelando que não se justifica imputar a elementos externos a dificuldade em se tratar conteúdos modernos na sala de aula, que, contraditoriamente, despertam um interesse maior por parte dos estudantes em relação aos conteúdos de Física Clássica.

Daí que a hipótese anterior ganha sentido, pois o professor, quando ensina FMC, ensina com mais entusiasmo, porque para ele também é algo diferente e novo, o que produz um resultado positivo por parte da aprendizagem, participação e interesse dos estudantes, pois, de acordo com Ostermann e Moreira,

é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino. (2000, p. 24)

revelando um outro aspecto que mereceria um aprofundamento, principalmente no campo da motivação, tanto de professores quanto de alunos.

Apesar do foco da pesquisa não ser a formação dos professores, nos seus depoimentos foi possível encontrar indícios de conteúdos de FMC que estiveram presentes na sua formação inicial e que, com maior ou menor intensidade, são elencados nos seus PTDs e estão presentes em suas aulas. Chamou a atenção o fato de que a Teoria da Relatividade, uma das teorias mais comentadas e até conhecida, ao menos de nome por grande parte da população, foi citada por apenas um dos professores, ao contrário da Mecânica Quântica, mais lembrada pelos professores participantes como presente em sua formação.

Coincidentemente o único professor que cita a Relatividade como conteúdo presente na sua graduação é o que traz mais evidências de que aborda Relatividade nas suas aulas do Ensino Médio. Por outro lado, a Mecânica Quântica esteve mais presente na formação dos professores e também nos PTD por eles elaborados, bem como nos depoimentos. Nesse sentido, a formação dos professores sujeitos desta pesquisa e a relação disso com os conhecimentos que ensinam no Ensino Médio seria um ponto que poderia ser estudado com mais profundidade, instigando novas investigações.

Chamou a atenção que em nenhum momento da pesquisa foi percebida a manifestação dos participantes em relação a alguma preocupação institucional da escola com a atualização curricular. Sempre que conteúdos atuais são propostos e abordados, isso ocorre por iniciativa do professor, e quase sempre de um único professor, e mesmo que este atue em conjunto com outros professores na mesma escola, a proposição e inclusão de novos temas e assuntos é resultado de uma ação individual, não institucional.

Com relação às questões legais e institucionais, considerando que a legislação e os documentos dela decorrentes sugerem o ensino de FMC no Ensino Médio, procurou-se verificar se de alguma forma os professores sentem-se pressionados em relação à necessidade de uma atualização curricular. Percebeu-se que não há nenhum incentivo da escola, que os documentos, como os PCNEM e PCNEM+ em nenhum momento são citados. Apenas as Diretrizes Curriculares Estaduais para a Educação Básica aparecem na fala de um professor e no PTD de outro, ao contrário do vestibular, que, apesar de não ser entendido como um determinante aparece, entretanto, como um balizador para a inserção de FMC no Ensino Médio, tendo espaço nas preocupações e nas falas dos professores.

À guisa de contribuição para reflexões futuras, percebe-se que a viabilização de uma atualização curricular se faz a partir do momento em que o conjunto da sociedade assuma sua parcela de responsabilidade. A Universidade, por meio de uma formação de professores, inicial e continuada, que os insira no contexto científico atual e de publicações e pesquisas que tragam possibilidades de trabalhos com a FMC na sala de aula do Ensino Médio e os autores e editores de material didático, apresentando a FMC de maneira menos superficial, incorporando-a com os demais conhecimentos.

Essas iniciativas, tão veemente reivindicadas, poderiam contribuir institucionalmente para estimular os professores a superarem a prática tradicionalmente construída de abordarem apenas elementos de Física Clássica e a proporem e desenvolverem com a mesma naturalidade e desenvoltura conteúdos de FMC, abrindo para seus alunos, a exemplo dos professores participantes da pesquisa, a perspectiva de abordarem, em suas salas de aulas, as Teorias Modernas da Física.

## REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999, p. 147-188.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. **Discursos da ciência e da escola**: ideologias e leituras possíveis. São Paulo: Mercado das Letras, 2004.

ASTOLFI, J. P; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 12. ed. Campinas: Papirus, 2008.

BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

\_\_\_\_\_. **O Materialismo racional**. Rio de Janeiro: Edições 70 LTDA, s/d.

BORGES, M. D. **Física Moderna e Contemporânea**: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2005.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 9394 de 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**, Resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica, Brasília, **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

\_\_\_\_\_. **PCNEM + Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias** Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília: MEC; SEMTEC, 2002. 144 p.

\_\_\_\_\_. **Orientações curriculares para o ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria da Educação Básica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2006.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida**: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2005.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras de transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna. In: **Investigações em Ensino de Ciências** – V10(3), p. 387-404, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/>

CARVALHO NETO, R. A. **Aspecto preditivo da Mecânica Clássica e da Mecânica Quântica**: uma proposta teórico-metodológica para alunos do ensino médio. Dissertação de Mestrado. Salvador, 2006.

CASTILHO, M. I. **Uma introdução conceitual à relatividade especial no ensino médio**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2005.

CHEVALLARD, Y. **La transposicion didáctica**: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991

CHIARELLI, R. A. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio**: é possível abordar conceitos de Mecânica Quântica. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2006.

D'AGOSTIN, A.; GARCIA, N. M. D.; LEITE, A. E. Física moderna e contemporânea no ensino médio: revisitando artigos de revistas. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, VI, 2007, Florianópolis. Atas.

EAGLETON T. **A ideia de cultura**. São Paulo: Editora da Unesp, 2005.

EINSTEIN, A. INFELD, L. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

FANARO, M. de los A ; OTERO, M.R.; ARLEGO, M. Teaching the foundations of quantum mechanics in secondary school: a proposed conceptual structure. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: maio/2009.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Cidade: Editora Bookman, 2004.

FORQUIN, J.C. **Escola e Cultura**: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar. Porto Alegre: Artmed Editora, 1993.

GARCIA, N. M. D.; KALINOWSKI, H. J. Um espectroscópio simples para uso individual. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, 1994.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J.C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.4, p. 575-583, (2007). Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: Julho/2008.

HOLANDA, A . Questões sobre pesquisa qualitativa e pesquisa fenomenológica. In: **Análise Psicológica**, nº 3, p. 363-372, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/aps>

KARAM, R. A. S. **Relatividade restrita no início do ensino médio**: elaboração e análise de uma proposta. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2005.

KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. de COIMBRA, D. Tempo relativístico no início do Ensino Médio. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n.3, p. 373-386, 2006. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: Julho/2008.

KARAM, R. A. S.; CRUZ, S. M. S. C. de S. COIMBRA, D. Relatividades no Ensino Médio: o debate em sala de aula. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n.1, p. 105-114, 2007. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: Julho/2008.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 36-70, abr. 2005.

KÖHNLEIN, J. F. K. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio**: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2003.

LABURÚ, C. E.; SIMÕES, A. M.; URBANO, A. A. Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (o ensino da Física contemporânea, tendo como pano de fundo a Física do cotidiano). In: **Caderno Catarinense de Física**, v. 15, n.2, p. 192 – 205, Ago. 1998. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br>. Acesso em: Maio/2010.

LEITE, D. M. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1960.

LEITE, M. S. **Recontextualização e transposição didática**: introdução a leitura de Basil Bernstein e Yves Chevallard. Araraquara, SP: Junqueira&Marin, 2007.

LESSARD-HÉBERT, M.; GOYETTE, G.; BOUTIN, G. **Investigação qualitativa**: fundamentos e práticas. Lisboa: Instituto Piaget, 2005.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de Física do Ensino Médio. In: **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p. 119-132, 2005. Disponível em: <http://www2.fc.unesp.br/cienciaeeducacao>. Acesso em Julho/2008.

LOCH, J.; GARCIA, N.M.D. Física Moderna e Contemporânea no planejamento dos professores de Física das Escolas Públicas do Estado do Paraná. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. XVIII, 2009. Vitória. Atas.

LOPES, A. C. **Conhecimento escolar**: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1999.

\_\_\_\_\_. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

\_\_\_\_\_. Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática. In: **Química nova**. v. 20, n. 5, 1997.

MACHADO, D. I. **Construção de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. Tese de Doutorado. Bauru, 2006.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.28, n.4, p.473-485, 2006. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: março/2009.

MAFRA, L. A Sociologia dos Estabelecimentos Escolares: passado e presente de um campo de pesquisa em re-construção. In ZACO, N.; CARVALHO, M. P. de; VILELA, R. A.T. (Orgs.) **Itinerários de pesquisa**: perspectivas qualitativas em sociologia da educação. Rio de Janeiro: DP&A, 2003, p. 109 -136.



MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1982.

MENEZES, L.C. **A Matéria**: uma aventura do espírito – fundamentos e fronteiras do conhecimento científico. São Paulo: Editora e Livraria da Física 2005.

MONTEIRO, A. M. **Professores de História**: entre saberes e práticas. Rio de Janeiro: Mauad X, 2007.

MOREIRA, E.; LIMA, M. C. A. Física Moderna: conteúdo para vestibular das universidades públicas. In: **Simpósio Nacional de Ensino de Física**. XVII, 2007. São Luís. Atas.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, nº 1, mar. 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci>. Acesso em: Julho/2008.

\_\_\_\_\_. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.18, n.2, p. 135 – 151, Ago. 2001.

OSTERMANN, F. RICCI, T.F. Relatividade Restrita no Ensino Médio: contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.2: p. 176-190, ago. 2002

\_\_\_\_\_. Relatividade Restrita no Ensino Médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. In: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83-102 , 2004.

PARANÁ/SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. (2006). **Histórico da reestruturação curricular do ensino médio do estado do paraná – 2003/2005**. Texto não publicado.

PARANÁ/SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Curriculares Estadual da Educação Básica**, 2008. Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>

PINHO-ALVES, J. **Atividades experimentais**: do método à prática construtivista. Tese de Doutorado. Florianópolis, 2000.

PINHO-ALVES, J.; PINHEIRO, T. F.; PIETROCOLA, M. A eletrostática como exemplo de transposição didática. In: PIETROCOLA, M. (ORG). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. In: PIETROCOLA, M. (ORG). **Ensino de Física**: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora. 2.ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, nº 1: p. 7-34, abr. 1999. Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br> Acesso em 08/09/2007.

PORTO, C. M.; PORTO, M.B.D.S.M. Uma visão do espaço na visão newtoniana e na teoria da relatividade de Einstein. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, nº 1, 2008. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: Julho/2008.

RICARDO, E. C. Física. In: **Orientações Curriculares do Ensino Médio**. MEC: Brasília, 2004.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; CASTRO FILHO, J. A. de. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2008. Disponível em: [www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br). Acesso em: março/2009.

SILVA, C. M. L. F. **Uma proposta para o ensino da teoria da relatividade especial no nível médio**. Dissertação de Mestrado. Natal, 2006.

SILVA, J. F. da. **Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de Física Moderna**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: 2009.

SIQUEIRA, M. R. da P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, 2006.

SONZA, A. P. **Uma introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2007.

SOUZA, W.B. de. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2009.

SPOHR, C.B. **O tema da supercondutividade no nível médio: desenvolvimento de material hipermídia fundamentado em epistemologias contemporâneas**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: 2008

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2<sup>o</sup> grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, nº 3: p.209-214, dez.1992.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média**. Tese de Doutorado. São Paulo: 1994.

VIDEIRA, A . L. L. A (s) Relatividade (s) de Einstein. In: **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, Janeiro/Junho, 2005.

WILLIAMS, R. **Cultura e Sociedade**. São Paulo: Companhia Editora Nacional,1969.

WOLFF, J. F. de S. **O ensino da relatividade especial no nível médio: uma abordagem histórica e conceitual**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, 2005.

## APÊNDICES

### Apêndice 1 – Questionário Inicial

Curitiba, novembro de 2008.

Caro professor Nome:

Prezado(a) Senhor(a):

Antecipadamente, meus agradecimentos pela sua colaboração. O trabalho para o qual solicito sua contribuição faz parte do projeto de dissertação do curso de Mestrado em Educação, da Universidade Federal do Paraná, intitulada “A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio” sob a orientação do Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia.

Este projeto tem como objetivo conhecer como professores do Estado do Paraná selecionam os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para suas aulas, quais tópicos selecionam e como os ensinam no Ensino Médio.

Sua participação nessa pesquisa se dará por meio da análise de seu Plano de Trabalho Docente (PTD), principalmente dos aspectos que projetarem a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea em suas atividades didáticas, pelas respostas a um questionário, pela concessão de uma entrevista, instrumentos que colherão suas opiniões a respeito dos encaminhamentos previstos para o desenvolvimento das atividades didáticas em questão, assim como pela observação de algumas de suas aulas onde esses assuntos serão desenvolvidos.

Considerando a importância de sua contribuição, comprometo-me a resguardar o necessário anonimato sobre todos os dados, informações e opiniões aos quais tiver acesso, não permitindo que sejam identificadas as pessoas que participaram da pesquisa.

Na certeza de poder contar com a sua colaboração, coloco-me à disposição para os esclarecimentos que se fizerem necessários para a execução do projeto.

Cordialmente

Juliana

## Questionário

Dados pessoais
Nome: Escola (s) em que trabalha: e-mail: Telefone(s):

Vínculo com o Estado/Dedicação na escola
Concursado: Sim ( ) Não ( ) Disciplina de concurso: _____ Contratado (PSS) ( ) Outro vínculo ( ) Qual? Níveis de ensino em que atua: Ensino Fundamental ( ) Ensino Médio ( ) Ensino Superior ( ) Série (s) em que leciona no Ensino Médio: 1ª série ( ) 2ª série ( ) 3ª série ( ) Quantidade de aulas em cada uma das séries: 1ª série: _____ 2ª série: _____ 3ª série: _____ Carga horária semanal de Física: _____ Há quanto tempo leciona em escolas públicas: ( ) menos que 5 anos ( ) entre 5 e 10 anos ( ) entre 10 e 15 anos ( ) mais que 15 anos

Formação inicial
<p>Curso(s) de graduação:</p> <p>Instituição:</p> <p>Ano de início e de conclusão:</p> <p>Curso(s) de especialização:</p> <p>Instituição:</p> <p>Ano de conclusão:</p> <p>Na sua formação você participou de alguma disciplina/curso cujo enfoque fosse a Física Moderna e Contemporânea: Sim (    )    Não (    )</p> <p>Caso a resposta seja afirmativa, indique (se possível) o nome da disciplina/curso e teça alguns comentários a respeito.</p>

Plano de Trabalho Docente (PTD)
<p>No seu PTD você propõe/sugere o desenvolvimento de alguns tópicos de Física Moderna e Contemporânea. Além dos já apresentados, há algum outro tópico que você entende como importante, mas que ainda não aparece em seu PTD.</p> <p>Se a resposta for afirmativa, qual/quais?</p> <p>Comente porque você o(s) acha importante(s).</p>

Muito obrigada,

Juliana loch (Mestranda UFPR)

lochju@yahoo.com.br

Orientador: Prof. Dr. Nilson M. D. Garcia UFPR/UTFPR

## **Apêndice 2 – Roteiro das entrevistas**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

Fale um pouco sobre sua trajetória e experiências profissionais antes de ser professor.

Fale um pouco a respeito da sua formação inicial (graduação) ou outros cursos que você tenha feito. E também sobre sua opção de ser professor.

Você se lembra de algum conteúdo de FMC presente na sua graduação. Comente um pouco.

O que você pensa a respeito: do seu trabalho, da escola onde atua, dos seus alunos.

Como é a receptividade de seus alunos em relação à Física? Como você analisa essa receptividade? Como ela varia no decorrer de suas aulas e do Ensino Médio? Qual sua opinião em relação a esse comportamento?

Quais tópicos de Física você considera essenciais para o Ensino Médio? Por quê? Nos seus planos de trabalho docente aparecem tópicos de Física Moderna e Contemporânea. A que/quem você atribui a decisão/iniciativa de inserir esses tópicos? Onde você se apoia/baseou para fazer essa seleção?

Onde você busca material para preparar suas aulas?

Inclusive as de tópicos considerados de Física mais recente? Que materiais são esses? Trazem experiências de trabalho com Física Moderna na sala de aula?

Como é a disponibilidade de material que contenha conteúdos de FMC para ser utilizado em aula? Comente um pouco.

Qual é o tipo de abordagem que você privilegia no desenvolvimento de suas aulas? Comente sua decisão/opção. Que outras estratégias você eventualmente utiliza mas que não estão registradas em seu plano de trabalho docente?

Em relação às atividades propostas para conteúdos de FMC, há necessidade de encaminhamentos diferenciados. Quais?

Como você entende sua responsabilidade pela seleção, organização e constituição do conhecimento que você ensina na sala de aula e que os alunos podem incorporar à sua vida? Você pode indicar algumas evidências dessa sua percepção?

Como os alunos reagem quando você aborda assuntos de FMC? Como você interpreta o interesse/desinteresse do alunos nas aulas dessas temáticas? Esse interesse/desinteresse é o mesmo quando você desenvolve assuntos relacionados com outras temáticas que não são de FMC? Comente.

Como você encaminha a avaliação de suas turmas? O que os alunos acham de suas avaliações? O que você acha dos resultados obtidos por seus alunos? Em quais temáticas eles têm se saído melhor? Você acha que eles têm mais facilidade/dificuldade em discutir/estudar assuntos de FMC ou de outras temáticas? Comente um pouco.

O que você pensa sobre a disciplina que ensina?  
A Física na formação do estudante do EM?

Em que aspectos a abordagem de assuntos de FMC no Ensino Médio contribuem ou não para a formação do estudante?

Há algo em relação a suas aulas ou outros assuntos que você gostaria de comentar?